

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี:
มิติใหม่ครูไทย 4.0

Teaching by Integrating STEM Education and Technological Pedagogical Content
Knowledge: New Dimension for Thailand Teacher 4.0

สะอาด พลเชื้อ (Sa-ard Polsue)*

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ (Khajornsak Buaraphan)**

บทคัดย่อ

บทความนี้เขียนขึ้นมาเพื่อทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จากนั้นได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลงมือสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป นอกจากนี้ผู้เขียนได้นำเสนอการประยุกต์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงเชิงรังสี จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อแสดงการนำขั้นตอนมาใช้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี, ฟิสิกส์, ครูไทย 4.0

*ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม อ.เมยวดี จ.ร้อยเอ็ด

**รองศาสตราจารย์ สาขาการศึกษา สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล

ABSTRACT

This article aimed to review and analyze the core ideas about Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education and Technological, Pedagogical Content Knowledge (TPACK). After that, the authors synthesized the TPACK-STEM instructional model consisted of six stages: a) Problem Identification – the stage to understand a problem or challenge, analyze the related conditions for determining the scope of the problem leading to product creation or solution; b) Related Information Search – the stage to collect data or scientific, mathematic, and technological knowledge related to the problem and analyze its possibility and strength and weak points; c) Solution Design – the stage to apply data and ideas to design the product or solution related to the problem; d) Planning and Development – the stage to plan the steps in creating the product or method related to the problem; e) Testing, Evaluation and Design Improvement – the stage to test and evaluate the product or method and use the feedback to best improve the created product or methods; and f) Presentation – the stage to present and share the product or method and its rationale to audience and get the feedback for further improvement. At the end, the authors presented the concrete way to apply the TPACK-STEM instructional model in designing one lesson plan in Physics on Geometrical Optics for Grade 11 students.

Keywords: STEM Education, TPACK, PHYSICS, Thai teacher 4.0

บทนำ

โลกในศตวรรษที่ 21 เป็นโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงทางความรู้และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันระหว่างประเทศสูง ประเทศไทยจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอดภายใต้การแข่งขันระหว่างประเทศที่รุนแรงและเพื่อการหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (middle-income trap) ให้ได้ด้วยโมเดลประเทศไทย 4.0 ที่มุ่งเน้นการสร้างประเทศให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ภายใต้เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม (innovative-driven economy) การขับเคลื่อนโมเดลประเทศไทย 4.0 ให้บรรลุเป้าหมายจำเป็นต้องอาศัยพลเมืองของประเทศที่มีศักยภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาที่มีคุณภาพเพื่อยกระดับการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลที่ทัดเทียมนานาชาติ ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีศักยภาพในการแข่งขันและดำรงชีวิตอย่างสร้างสรรค์ในประชาคมโลก (Ministry of Education, 2560) สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาคุณภาพของทรัพยากรของประเทศด้วยการจัดการศึกษาอย่างเท่าเทียมดังปรากฏในเอกสารสำคัญ อาทิ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) (Office of the National Economic and Social Development Council, 2560) ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) (Office of the

National Economic and Social Development Council, 2561) และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (Ministry of Education, 2561)

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ได้ให้ความสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพทุนมนุษย์ของประเทศ การพัฒนาคนในทุกมิติ และทุกช่วงวัย ให้เป็นคนดี คนเก่ง และมีคุณภาพ พร้อมสำหรับวิถีชีวิตในศตวรรษที่ 21 การเตรียมความพร้อมของกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงในอนาคต ตลอดจนการยกระดับคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ ซึ่งการบรรลุเป้าหมายดังกล่าว จำเป็นต้องมีการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้และมีใจใฝ่เรียนรู้ตลอดเวลา โดย 1) การปรับเปลี่ยนระบบการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการพัฒนาทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 2) การเปลี่ยนโฉมบทบาท “ครู” ให้เป็นครูยุคใหม่ 3) การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการศึกษาในทุกระดับ ทุกประเภท 4) การพัฒนาระบบการเรียนรู้ตลอดชีวิต 5) การสร้างความตื่นตัวให้คนไทยตระหนักถึงบทบาท ความรับผิดชอบ และการวางตำแหน่งของประเทศไทยในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์และประชาคมโลก 6) การวางพื้นฐานระบบรองรับการเรียนรู้โดยใช้ดิจิทัลแพลตฟอร์ม และ 7) การสร้างระบบการศึกษาเพื่อเป็นเลิศทางวิชาการระดับนานาชาติ

การปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ได้เริ่มต้นขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2542 ด้วยการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และให้มีการพัฒนาบุคลากรทั้งด้านผู้ผลิต และผู้ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการผลิต รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีคุณภาพและประสิทธิภาพ (Office of the Basic Education Commission, 2545) และภายใต้เป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่มุ่งพัฒนาผู้เรียน ให้มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีความรู้และทักษะพื้นฐาน ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต (Ministry of Education, 2551) สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับแก้ไข 2545) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 นั้นมีความมุ่งหวังดังนี้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น (Ministry of Education, 2551, หน้า 92)

การศึกษาถือได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาพลเมืองให้มีคุณภาพ ซึ่งการจัดการศึกษาให้ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญยิ่งก็คือ ครู และเพื่อให้โมเดลประเทศไทย 4.0 บรรลุเป้าหมาย ครูไทยก็ต้องปรับเปลี่ยนตัวเองให้เป็น “ครูไทย 4.0” ที่มีคุณลักษณะดังนี้ 1) ครูมีการคิดแบบเติบโต คือ ไม่ยึดติดกับความรู้เดิม มีการปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา 2) ครูเปลี่ยนห้องเรียน คือ สร้างแรงจูงใจให้

นักเรียนอยากเรียนรู้ แสวงหาและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง 3) ครูเปลี่ยนการสอน คือ เน้นให้นักเรียนศึกษา ทดลองทำเพื่อสร้างประสบการณ์และเรียนรู้การแก้ปัญหาจากสภาพจริง เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง 4) ครูแสวงหาความรู้ใหม่และใช้ IT (information technology) คือ ครูต้องมีความรู้และทักษะเพื่อเปิดโลกกว้างผ่านการสื่อสารออนไลน์ (on-line) แล้วสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ 5) ครูผู้เข้าใจสถานการณ์สังคมและชุมชน คือ รู้จักเรียนรู้สถานการณ์สังคม แล้วนำสิ่งนั้นมาตกผลึกเพื่อให้เด็กสร้างตัวตนและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและชุมชน และ 6) ครูมีจิตวิญญาณความเป็นครู คือ รัก ห่วงใย และมีความเมตตากรุณาต่อศิษย์ (Nararat Funcheon, 2562)

จากลักษณะของครูไทย 4.0 ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ครูในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีความรู้ และทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ของครู และอาศัยความสามารถของเทคโนโลยีในการรวบรวม จัดระเบียบและประเมินผลข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน (Jimoyiannis, 2010; Srisawasdi, 2012) ด้วยเหตุนี้ครูไทย 4.0 จำเป็นต้องเรียนรู้ทักษะในการออกแบบบทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยี และนำบทเรียนดังกล่าวไปใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนในหลักสูตร (Lawless & Pellegrino, 2007) ความรู้ของครูที่เกิดจากการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการถ่ายทอดเนื้อหาด้วยกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสมส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพนั้น เรียกว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge; TPACK) (Lilla Adulyasas, 2561)

ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุศตวรรษที่ 21 และการขับเคลื่อนโมเดลประเทศไทย 4.0 ทำให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องมีการปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมากยิ่งขึ้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องพัฒนากระบวนการคิด และการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม (Office of the Basic Education Commission, (2561) ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เน้นการเรียนรู้เชิงบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Multidisciplinary) และการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2557)

ผู้เขียนจึงมีความสนใจที่จะทบทวนและวิเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ทั้งนี้เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK-STEM instructional model) เพื่อจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอย่างเป็นรูปธรรมในการออกแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงเชิงรังสี

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า นักการศึกษาต่างๆ ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาอย่างหลากหลาย กล่าวโดยสรุป สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการแบบสหวิทยาการที่บูรณาการศาสตร์ 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทดลองปฏิบัติ คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสามารถนำความรู้ที่ได้มาแก้ไขปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและสามารถต่อยอดไปถึงการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคตได้ (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss, & Kazerounian, 2013; Pornthip Siriphatrachai, 2556; Pattadon Udomsunti, 2560; Sasithev Pitipornatapin, 2558; Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2557; Achirawatt Tungsombatsanti, 2560; Apisit Thongchai, 2556; Wasini Itsarasena Na Ayhthaya, 2559; Suthida Chamrat, 2560)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสำคัญจำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 นี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผู้เรียนในหลายด้าน อาทิ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Korawit Kuaklung, Prasong Kessaratikoon, & Singha Pasitpong, 2561; Phitthaphon Phithak, Tweesak Chindanurak, Doungdern Pinsuwan, & Manat Boonprakob, 2562) ความเข้าใจแนวคิดหลัก (Peempond Phaprom & Niwat Srisawadi, 2561) ด้านการคิด ได้แก่ การคิดแก้ปัญหา (Tanawat Sriwibunrat & Angkana Ortnene, 2562) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (พิพิธพันธ์ พิทักษ์ และคณะ, 2562) และความคิดสร้างสรรค์ (Sukanya Chuelooppo, Thitiya Bongkotphet & Chompoonuch Warangkanagool, 2561) ด้านความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (พิมพ์พร ผาพรหม และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์) และด้านอื่นๆ ได้แก่ คุณภาพผลงานของนักเรียน (Tanawat Sriwibunrat & Angkana Ortnene, 2562) และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Phitthaphon Phithak et al., 2562)

ผู้เขียนได้ทบทวนและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจำนวน 7 เรื่อง (Thayika Choosuan, 2559; Trirong Mathiphatikul, 2561; Nittaya Phuphabang, 2559; Pattadon Udomsunti, 2560; Witchuda Sarakorn, 2560; Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2557; Achirawatt Tungsombatsanti, 2560) จากนั้นได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้ 6 ขั้นตอน ดังตารางที่ 1 (สุดมภ์สุดท้ายขวามือ)

ตารางที่ 1 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

แหล่งที่มา							สรุปขั้นตอน
สสวท. (2557)	นิตยา ภูผาบาง (2559)	ฐายิกา ชูสุวรรณ (2559)	พัทธพลย์ อุดมสันติ (2560)	อชิรวัดดี ตั้งสมบัติ สันติ (2560)	วิษชุดา สารกรณ์ (2560)	ไทรรงค์ เมธีผาดิกุล (2561)	การจัดการ เรียนรู้แบบ สะเต็ม ศึกษา
ระบุปัญหา	ระบุปัญหา	ระบุปัญหา	ระบุปัญหา	ระบุปัญหา	กำหนด ปัญหา/ความ ท้าทาย	ระบุปัญหา	ระบุปัญหา
รวบรวม ข้อมูลและ แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา	ค้นหา แนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	กำหนด ค้นหาและ การระดม สมอง	ค้นหา แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา	รวบรวม ข้อมูล และ แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา	สำรวจ แนวคิดการ แก้ปัญหา	รวบรวม ข้อมูล และ แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา	รวบรวม ข้อมูลและ แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา
ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	-	ออกแบบ และร่าง วิธีการ แก้ปัญหา	-	ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	-	ออกแบบ ชิ้นงานตาม เงื่อนไขของ ปัญหา	ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา
วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา	วางแผน และพัฒนา	วางแผน และการ ร่าง	การ วางแผน และพัฒนา	วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา	วาง แผนการ พัฒนา แนวทาง แก้ปัญหา	วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา	วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา
ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุง วิธีการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	ทดสอบ และ ประเมินผล	ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุง การ ออกแบบ	การ ทดสอบ และ ประเมินผล	ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุง แก้ไข วิธีการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	ทดสอบ และ ประเมิน	ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุง แก้ไข วิธีการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุง วิธีการ แก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

แหล่งที่มา							สรุปขั้นตอน
สสวท. (2557)	นิตยา ภูผาบาง (2559)	ฐายิกา ชูสุวรรณ (2559)	พัทธพลย์ อุดมสันติ (2560)	อชิรวัดดี ตั้งสมบัติ สันติ (2560)	วิชชุดา สารกรณ์ (2560)	ไตรรงค์ เมธีผาติกุล (2561)	การจัดการ เรียนรู้แบบ สะเต็ม ศึกษา
นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	นำเสนอ ผลลัพธ์	นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา	การ นำเสนอ ผลลัพธ์	นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	นำเสนอ ผล/ แนวทาง แก้ปัญหา	นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 6 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identify the Problem) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Search Related Information) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ รวมทั้งประเมินข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Design Solution) ผู้เรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ของปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Plan and Solve the Problem) ผู้เรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน (Test, Evaluate and Improve the Product) ผู้เรียนทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน (Present the Product) ผู้เรียนนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการรวมทั้ง แนวคิดที่อยู่เบื้องหลังการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นๆ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และรับฟังข้อวิพากษ์และข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพในยุคแห่งศตวรรษที่ 21 นี้ เนื่องจากผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้ด้วย ในหัวข้อถัดไปผู้เขียนจะนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีช่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้

เทคโนโลยีกำเนิดมาจากความรู้ความสามารถของมนุษย์ที่มุ่งหวังนำความรู้จากธรรมชาติวิทยามาคิดค้นและดัดแปลง เพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานต่าง ๆ ในแต่ละด้านเพื่อความสะดวกสบาย และเพื่อสร้างความเจริญก้าวหน้าในการดำรงชีวิต (Natdanai Neanthong, 2561) ในยุคแห่งศตวรรษที่ 21 นี้ได้มีการใช้เทคโนโลยีมาช่วยการเรียนรู้ของผู้เรียนและการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนในหลากหลายแนวทาง จึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในสังคมยุคดิจิทัล โดยเฉพาะครูผู้ทำหน้าที่ในการพัฒนาการศึกษา (Wilawan Phothong, 2561)

เทคโนโลยีมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้หลายประการ อาทิ ช่วยให้เข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้สะดวก รวดเร็ว เข้าถึงได้ทุกที่ ทุกเวลา (Wilawan Phothong, 2561) และส่งเสริมให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน และมีผู้เรียนกับสื่อเทคโนโลยี ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ ข้อมูลข่าวสาร สารสนเทศต่างๆ ในระบบออนไลน์เพื่อนำไปสู่การคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ต่อไปได้ (Chutiwat Suwatthipong and Ubon Thongpanya, 2020) นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารยังสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ โดยนำเสนอข้อมูลสารสนเทศ ในลักษณะข้อความ กราฟ รูปภาพ วิดีโอ คลิป และอื่น ๆ ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชัน และสื่อออนไลน์ (Anyanee Samoon and Uthit Bumrungcheep, 2560)

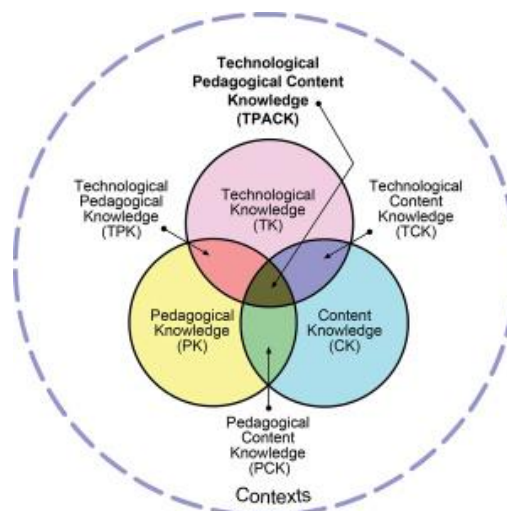
จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลในยุคสรรพสิ่งบนอินเทอร์เน็ต (IoT: Internet of Things) ส่งผลให้มีการพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน (application) ที่แบ่งปันในสังคมโลกออนไลน์จำนวนมากให้เลือกใช้ตามความต้องการ (Anyanee Samoon and Uthit Bumrungcheep, 2560) ผู้เขียนได้นำโปรแกรมและแอปพลิเคชันที่หลากหลายมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ อาทิ แอปพลิเคชัน Kahoot, Plickers, PowerPoint, QR Code Reader, Website, Google Form, ZipGrade, Facebook, Line, YouTube, website, Padlet, Mindly เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ส่งเสริมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สร้างแรงจูงใจ เสริมแรงทางบวกในการเรียน และได้เห็นสื่อความจริงเสริมเพิ่มเติม (Chutiwat Suwatthipong and Ubon Thongpanya, 2020)

ความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

แนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมีรากฐานมาจากแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ที่นำเสนอโดย Shulman (1986) ซึ่งในบริบทการศึกษาของประเทศไทย Khajornsak Buaraphan and Vantipa Roadrangka (2548) ได้ขยาย

ความไว้วางใจ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเป็นความรู้ที่เกิดจากการบูรณาการระหว่างความรู้พื้นฐานสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ 2 ความรู้สำคัญก็คือ ความรู้ในเนื้อหา (Content Knowledge: CK) และความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน (Pedagogical Knowledge: PK) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนนี้มีความสำคัญและควรพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวผู้สอนทุกคนทั้งครูก่อนประจำการ (pre-service teachers) และครูประจำการ (in-service teachers) เพราะสามารถช่วยให้ผู้สอนสามารถนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการสอนด้วยวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา หลักสูตร และพื้นฐานของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา ดังกล่าวได้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้

ในยุคศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู่มากขึ้น นักการศึกษาจึงเริ่มให้ความสำคัญกับความรู้และทักษะเกี่ยวกับเทคโนโลยีว่า เป็นส่วนหนึ่งที่ขาดเสียมิได้ในการจัดการเรียนรู้ของครู ดังนั้นครูจึงต้องมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (Technological Knowledge) ด้วย นี่คือการเริ่มต้นของแนวคิดที่เรียกว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่ง Koehler and Mishra (2006) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า เป็นความรู้ของครูที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (Technological Knowledge) ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน (Content Knowledge) เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK)

ที่มา: Koehler, Mishra, Kereluik, Shin and Graham (2014) หน้า 9

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว ครูวิทยาศาสตร์ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี มาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ (Jurarat

Thammaprateep, 2559; Ninna Jansoon & Nawasit Rakbamrung, 2561) สอดคล้องกับแนวคิดของ Koehler and Mishra (2009) ที่ได้ให้ความหมายของ ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะ ว่าเป็นความรู้ความสามารถของครูในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาเฉพาะแก่นักเรียน โดยกรอบแนวคิด TPACK ของ Koehler and Mishra (2009) มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ความรู้ความสามารถในการสอน (PK) และความรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (TK) โดยมีจุดเน้นที่สำคัญคือ ความรู้ความสามารถในส่วนที่ซ้อนกันหรือส่วนที่บูรณาการกันทั้งสามด้าน (Koehler, Mishra, Hershey, & Peruski, 2004; Mishra & Koehler, 2008; Kobwit Piriyawat, Pongprapan Pongsophon & Pattanee Jantrarotai, 2560) อนึ่ง ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงบริบทของผู้เรียน อาทิ ความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อใช้จัดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ได้ตามมาตรฐานของหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Prasart Nuangchaleram, 2558)

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้ ที่สามารถนำมาบูรณาการกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 6 ขั้นตอนที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา บูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	เทคโนโลยีที่ใช้เพื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้
1. ระบุปัญหา	Plickers, PowerPoint, QR Code Reader, Website, Google Form
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	QR Code Reader, Website, YouTube
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	PowerPoint
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	Google Form
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน	Applications
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน	Facebook, Line, YouTube, website, Padlet, Mindly

การประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในวิชาฟิสิกส์

เพื่อให้ผู้อ่านมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการออกแบบเป็นแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีกรอบแนวคิดการออกแบบการจัดการเรียนรู้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน
และเทคโนโลยี ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี

(ดัดแปลงมาจาก Koehler & Mishra, 2009, หน้า 63)

โดยมีรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการ
ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 3 รหัสวิชา ว30203 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง แสงเชิงรังสี กิจกรรม สายตากว้างไกล โปรทเทคโนโลยี เวลาเรียน 6 ชั่วโมง

สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้

1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

มาตรฐาน ว 6.2 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	คณิตศาสตร์ (M)
ว 6.2 ผลการเรียนรู้ข้อที่ 11 ทดลองและเขียนรังสีของแสง เพื่อ แสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หา ตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และ ความสัมพันธ์ ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความ ยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้อง และอธิบายการนำความรู้ เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์ บางไป ใช้ประโยชน์ใน ชีวิตประจำวัน	ง. 2.1 ม.4-6/3 สร้างและ พัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือ วิธีการ ตามกระบวนการ เทคโนโลยีอย่าง ปลอดภัย โดยถ่ายทอดความคิด เป็นภาพฉายและแบบจำลอง เพื่อนำไปสู่ การสร้างชิ้นงาน หรือ ถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็น แบบจำลองความคิดและการ รายงานผล โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยใน การออกแบบหรือนำเสนอผลงาน ง. 3.1 ม.4-6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต	ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของ การแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่ เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติ ของการดำเนินการ และนำไปใช้ ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ การวัด วัดและคาดคะเนขนาด ของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

หมายเหตุ เนื้อหาด้านวิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่เป็น
ลักษณะของการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังปรากฏในวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ STEM

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

1. อธิบายหลักการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ

1. ระบุปัญหาและสาเหตุของสถานการณ์เกี่ยวกับการสร้างกล้องโทรทรรศน์ได้

2. เสนอวิธีการแก้ไขปัญหาของสถานการณ์เกี่ยวกับการสร้างกล้องโทรทรรศน์ได้

3. ประเมินวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์การสร้างกล้องโทรทรรศน์ได้

4. แปลความหมายและอธิบายความหมายของการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ได้
5. วิเคราะห์และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการสร้างกล้องโทรทรรศน์ได้
6. บรรยายวิธีการออกแบบการสร้างกล้องโทรทรรศน์ได้
7. ออกแบบกล้องโทรทรรศน์ได้
8. นำความรู้เรื่องเลนส์บางมาอธิบายหลักการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ได้
9. นำเสนอและอธิบายหลักการการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ได้

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

4. สารสำคัญ

กล้องโทรทรรศน์ แบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

1. กล้องโทรทรรศน์ แบบ Catadioptric ใช้หลักการหักเห และสะท้อนแสงในการเกิดภาพ
2. กล้องโทรทรรศน์ แบบสะท้อนแสง ใช้หลักการสะท้อน โดยใช้กระจกเว้าเป็นตัวรวมแสงจากวัตถุ
3. กล้องโทรทรรศน์ แบบหักเหแสง ใช้หลักการหักเหของแสงในการเกิดภาพ ประกอบด้วย

เลนส์ 2 ส่วน คือ

3.1 เลนส์ใกล้วัตถุ ทำด้วยเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส (f_0) ยาวมาก วัตถุซึ่งอยู่ไกลมากจะมีรังสีแสงขนานตกกระทบบนเลนส์ใกล้วัตถุ แล้วหักเหไปเกิดภาพจริงตรงตำแหน่งที่ใกล้กับจุดโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ โดยมีมุม θ ร่องรับรังสีหักเหที่มาตัดกันเกิดภาพ

3.2 เลนส์ใกล้ตา ทำด้วยเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส (f_0) สั้น วางเลนส์ใกล้ตาโดยให้ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุอยู่ระหว่างจุดโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา กับเลนส์ตา ทั้งนี้เพื่อให้เกิดภาพเสมือนหัวกลับกับเลนส์ใกล้ตา อาจทำด้วยเลนส์เว้า ซึ่งกรณีนี้เป็นกล้องโทรทรรศน์แบบกาลิเลโอ ทั้งนี้เพื่อต้องการมองเห็นภาพเสมือนหัวตั้ง

- กำลังขยายของกล้องโทรทรรศน์คำนวณจาก $M = \frac{f_0}{f_e}$

เมื่อ f_0 คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ และ f_e คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา

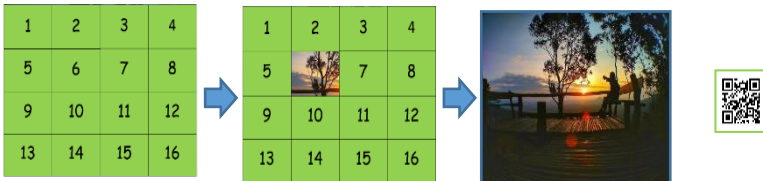
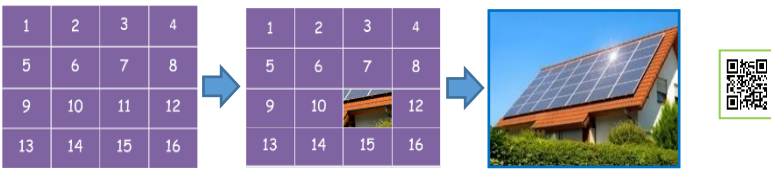
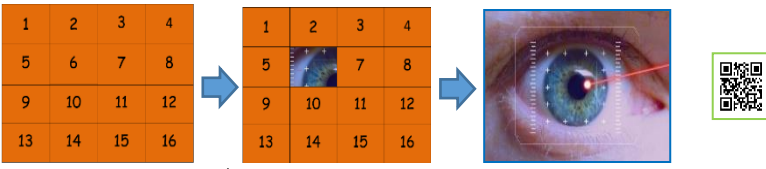
- ความยาวของกล้องโทรทรรศน์ l คำนวณจาก $l = f_0 + f_e$ เมื่อ l คือ ความยาวของลำกล้อง

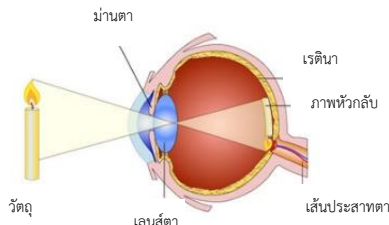
5. กรอบการบูรณาการ

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยีเพื่อช่วยจัดการเรียนรู้
- หลักการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ - เลนส์บาง	- การถ่ายทอดความคิดเป็นแบบจำลอง เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน - เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต, คอมพิวเตอร์ - การใช้แอปพลิเคชันในการนำเสนอผลงาน	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน	- การวัดความยาวของโฟกัสของเลนส์บาง - การวัดระยะของความยาวโฟกัส ระยะภาพ ระยะวัตถุ - การบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวนจริง เพื่อหาความยาวโฟกัสของเลนส์	Kahoot, PPT, Fecebook, Line , Youtube, Google Form, QR Code Reader, Plickers, ZipGrade, Padlet

6. กระบวนการเรียนรู้

STEM	TPACK
1. ครูกล่าวทูลดคุยเรื่องทั่วไป ทักทายนักเรียน เชิดชื่อนักเรียน โดยใช้ Plickers Application และแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ 2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที ใน Google Form 3. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแสงเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เช่น - แหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่ที่สุดคืออะไร - แสงใช้เวลาเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลกมนุษย์ ใช้เวลาเท่าไร - ประโยชน์ของแสงในชีวิตประจำวัน มีอะไรบ้าง นักเรียนยกตัวอย่าง 4. ครูให้นักเรียนเล่นเกมทายภาพปริศนา (Powerpoint) โดยการเปิดแผ่นภาพพร้อมคำถาม “เป็นภาพอะไร และมีความสำคัญอย่างไร”	Plickers Google Form

STEM	TPACK
 ที่มา : https://bit.ly  ที่มา : https://bit.ly  ที่มา : https://bit.ly	Powerpoint QR Code Reader Website Powerpoint QR Code Reader Website Powerpoint QR Code Reader Website
5. ครูยกหัวข้อเรื่อง แสง มาเป็นประเด็นในการสอน โดยกล่าวว่า ทุกวันนี้เราใช้ประโยชน์ “แสงจากอาทิตย์” มากมาย ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่ โดยแสงใช้เวลาประมาณ 8 นาที ในการเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลกมนุษย์ ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้มนุษย์ยังมีการใช้ประโยชน์จากการศึกษาเรื่องแสง อีกมากมาย เช่น ใช้แสงเลเซอร์ในการตัดชิ้นส่วนพลาสติก ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า (โซลาร์เซลล์) ใช้แสงแดดในการถนอมอาหาร เช่น ตากแห้ง ฆ่าเชื้อโรคและทำการเกษตรต่าง ๆ แต่ที่สำคัญที่สุดคือ แสงช่วยให้เราสามารถมองเห็นได้ 6. ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “แล้วนักเรียนทราบหรือไม่ว่ามนุษย์เราสามารถมองเห็นได้อย่างไร และเราจะสามารถมองเห็นได้ไหมถ้าปราศจากแสง” (ครูใช้สื่อภาพประกอบ จากเกมทายภาพปริศนา) พร้อมอธิบายว่าการที่มนุษย์เราสามารถมองเห็นได้เกิดจากการที่แสงตกกระทบวัตถุ และสะท้อนเข้ามาภายในตาเรา ดวงตาเรามีกระจกตาดำ ทำหน้าที่หักเหแสงเข้ามาโฟกัสตรงจุดรับภาพในตาเราพอดี ทำให้เรามองเห็นภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนอกจากนี้ ที่เราสามารถมองเห็นพืชเป็นสีเขียวได้ เพราะพืชไม่	PowerPoint

STEM	TPACK																																																																																																
สามารถดัดแปลงสเปกตรัมของแสงสีเขียวได้ทำให้พืชสะท้อนแสงสีเขียวออกมาเข้าตาเรา ทำให้เรามองเห็นใบไม้เป็นสีเขียว นอกจากนี้ภาพที่เห็นจะเป็นภาพหัวกลับแต่สมองเราจะแปลผลให้เราเห็นภาพเป็นปกติ   ที่มา : https://bit.ly/2HTqKzx สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2562 7. ครูให้นักเรียนเปิดแผ่นภาพปริศนา พร้อมคำถาม “เป็นภาพอะไร และมีประโยชน์อย่างไร” <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table> <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table>   ที่มา : https://bit.ly/2PekeqZ สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2562 <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table> → <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table> →   ที่มา : https://bit.ly/35XZdH9 สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2562 <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table> → <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td></td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr></table> →   ที่มา : https://bit.ly/35XZdH9 สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2562	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6		8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8		10	11	12	13	14	15	16	Website QR Code Reader Powerpoint QR Code Reader Website Powerpoint QR Code Reader Website
1	2	3	4																																																																																														
5	6	7	8																																																																																														
9	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
1	2	3	4																																																																																														
5		7	8																																																																																														
9	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
1	2	3	4																																																																																														
5	6	7	8																																																																																														
9	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
1	2	3	4																																																																																														
5	6		8																																																																																														
9	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
1	2	3	4																																																																																														
5	6	7	8																																																																																														
9	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
1	2	3	4																																																																																														
5	6	7	8																																																																																														
	10	11	12																																																																																														
13	14	15	16																																																																																														
ชั้นที่ 1 ระบุปัญหา																																																																																																	
8. ครูเชื่อมโยงคำถามจากการเล่นเกมทายภาพปริศนา มาสู่สถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น การดูดาว การดูวัตถุที่อยู่ระยะไกล โดยใช้คำถามกับ																																																																																																	

STEM	TPACK
นักเรียนว่า “ถ้าเราต้องการมองวัตถุที่อยู่ไกล ๆ ได้อย่างคมชัด เราควรเลือกใช้กล้องชนิดใด” ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระและไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง 9. ครูเสนอสถานการณ์ในกิจกรรม “สายตากว้างไกล ไบรท์เทคโนโลยี” โดยมีสถานการณ์ ดังต่อไปนี้ สถานการณ์ นโยบายของโรงเรียน คือจัดระเบียบให้นักเรียนจอดรถจักรยานยนต์และรถจักรยานภายในโรงรถเท่านั้น เพื่อป้องกันปัญหาความปลอดภัยของการสูญหายของรถและการหนีเรียนของนักเรียน ถึงแม้ว่าโรงเรียนจะมีมาตรการป้องกันการนำรถเข้าออกโรงรถในช่วงเวลาเรียนแล้วก็ตามแต่กลับพบว่านักเรียนที่มาสาย ทางโรงเรียนให้จอดรถไว้นอกโรงรถซึ่งมองดูจากอาคาร 1 จะพบรถจักรยานยนต์ของนักเรียนจอดอยู่ ถึงแม้จะเห็นสี แต่เราไม่สามารถมองเห็นเลขทะเบียนรถได้เนื่องจากรถมีระยะห่าง ที่ไกลเกินไป เนื่องจากเรายังเป็นนักเรียนจึงไม่สามารถออกไปตรวจสอบรถได้ด้วยตัวเอง ดังนั้น เพื่อช่วยในดูแลรถจักรยานยนต์ของนักเรียน นักเรียนจะออกแบบสร้างกล้องโทรทัศน์อย่างไรให้สามารถมองเห็นเลขทะเบียนของรถจักรยานยนต์ที่อยู่ไกลในระยะ 20 เมตร ได้อย่างชัดเจน มีขนาดที่เหมาะสม สามารถพกพาไปไหนได้สะดวก มีราคาถูกมากที่สุด และสามารถนำแอปพลิเคชันมาใช้ส่งผ่านให้คนได้ดูแพร่หลาย 10. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหา และหาข้อสรุปของปัญหา บันทึกลงไปใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 1-4) โดยครูมีคำถามกระตุ้นให้กับนักเรียน ดังนี้ 10.1 ปัญหาของนักเรียนจะต้องแก้ไขคืออะไร 10.2 สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร 10.3 นักเรียนจะมีวิธีแก้ไขปัญหานี้อย่างไร (สร้างกล้องโทรทัศน์ โดยใช้อุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้) 10.4 เป้าหมายในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนคืออะไร 11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาที่ครูได้กำหนดสถานการณ์มาให้	
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 12. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายเพื่อสำรวจความรู้เบื้องต้นของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องกล้องโทรทัศน์ เช่น กล้องโทรทัศน์สามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง กล้องโทรทัศน์ มีองค์ประกอบอะไรบ้าง และในการสร้างกล้องโทรทัศน์ใช้หลักการอะไรบ้าง	

STEM	TPACK
13. แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 - 6 คน แล้วให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาในใบความรู้ที่ 1 เรื่อง กล้องโทรทรรศน์ (ใช้เวลาในการศึกษา 30 นาที) โดยบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 5) และทำใบกิจกรรมที่ 2 14. นักเรียนศึกษาการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย “How to make a small easy telescope”   ที่มา : https://bit.ly/31JlaVG สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2562 ซึ่งจะบอกถึงองค์ประกอบเกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์ และการเลือกคูเลนส์ในการสร้างกล้อง รวมถึงการหากล้องขยายของกล้อง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้ 14.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับกล้องโทรทรรศน์ 14.2 นักเรียนต้องคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง เพื่อให้กล้องโทรทรรศน์สามารถนำมาใช้งานได้จริง 15. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล ร่วมกันศึกษา และอภิปรายในหัวข้อต่อไปนี้ - หลักการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ - หลักการวางตำแหน่งของเลนส์ โดยแนวทางการศึกษาควรมีใจความสำคัญ ดังนี้ กล้องโทรทรรศน์ประกอบด้วยเลนส์นูนสองอัน เลนส์นูนอันใหญ่ซึ่งเป็นเลนส์ใกล้วัตถุมีความยาวโฟกัสมากกว่าเลนส์นูนอันเล็กซึ่งเป็นเลนส์ใกล้ตา เมื่อใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดูวัตถุที่อยู่ไกล รังสีขนานจากวัตถุจะผ่านเลนส์ใกล้วัตถุแล้วมาตัดกันที่หลังเลนส์ใกล้วัตถุ ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุนี้ กลายเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา ซึ่งได้ภาพเสมือนขนาดขยายภาพที่เกิดขึ้นในกล้องโทรทรรศน์ เมื่อใช้ส่องดูวัตถุที่อยู่ไกล ๆ จะได้เป็นภาพหัวกลับ พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 5) 16. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3 เพื่อใช้ในการพิจารณาออกแบบกล้องโทรทรรศน์ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด	QR Code Reader Website Youtube Web site
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 17. นักเรียนออกแบบกล้องโทรทรรศน์ที่ดีที่สุดที่ทำให้กล้องโทรทรรศน์ สามารถนำไปใช้งานในสถานการณ์ที่กำหนดได้ โดยก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผน	PowerPoint

STEM	TPACK
สำหรับการสร้างกล้องโทรทรรศน์ ครูอธิบายว่าให้นักเรียนทราบว่าครูมีอุปกรณ์ในการสร้างกล้องโทรทรรศน์ต่อไปนี้ โดยใช้ Power Point 18. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบกล้องโทรทรรศน์ที่ดีที่สุด และสามารถนำไปใช้งานในสถานการณ์ที่กำหนดได้ พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 6)	
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 19. วางแผนและเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดให้จากนั้นบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 6) และให้แต่ละกลุ่มบันทึกลงในกระดาษปฐพีที่ครูแจกให้ 20. กำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 21. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบ โดยเงื่อนไขการทดสอบคือ เมื่อนำกล้องโทรทรรศน์มาส่องสามารถมองเห็นเลขทะเบียนของรถจักรยานยนต์ที่อยู่ไกลในระยะ 20 เมตร ได้อย่างชัดเจน มีขนาดที่เหมาะสม สามารถพกพาไปไหนได้สะดวก มีราคาถูกมากที่สุด และสามารถนำแอปพลิเคชันมาใช้ส่งผ่านให้คนได้ดูแพร่หลาย จากนั้นบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 6) 22. ถ้าหากกล้องโทรทรรศน์ของนักเรียนไม่สามารถส่องได้ตามเงื่อนไข นักเรียนสามารถกลับไปแก้ไขการออกแบบกล้องโทรทรรศน์ใหม่ได้ จากนั้นเขียนโครงร่างที่แก้ไขปรับปรุงลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 7) 23. ประเมินผลการทดสอบที่เกิดขึ้นจากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปและเตรียมตัวในการนำเสนอผลงาน	Application
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 24. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ กล้องโทรทรรศน์ที่ออกแบบและผลการทดสอบ โดยอธิบายเหตุผลในการเลือกวัสดุ การวางระยะห่างของเลนส์ และวิธีการนำแอปพลิเคชันมาใช้ประกอบกับกล้องโทรทรรศน์ โดยให้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนกลุ่มที่เหลือ และสามารถถามคำถามหรือบอกข้อเสนอแนะชิ้นงานของกลุ่มที่นำเสนอได้ ลงใน ใบกิจกรรมที่ 1 (ข้อ 8) 25. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรม เรื่อง สายตากว้างไกล โลก เทคโนโลยี และให้ความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้เรื่องเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยใช้สื่อจากอินเทอร์เน็ตประกอบการสรุป	Facebook Line Application Websit Youtube Padlet

STEM	TPACK
26. นักเรียนทำการสะท้อนบทเรียนจากกิจกรรมที่ผ่านมา และเขียนลงในแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน โดยประเด็นที่นักเรียนจะต้องสะท้อนมีดังต่อไปนี้ 26.1 สิ่งที่ได้เรียนรู้ในครั้งนี้ 26.2 สิ่งที่ทำนักเรียนทำได้ดีที่สุดในกิจกรรมนี้ 26.3 สิ่งที่ทำนักเรียนคิดว่าเป็นปัญหาในการจัดกิจกรรมครั้งนี้ 26.4 สิ่งที่ทำนักเรียนคิดว่าจะปรับปรุงให้ดีขึ้นในกิจกรรมต่อไป 26.5 นักเรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจจากกิจกรรมนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร 26.6 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ 27. หลังจากตอบคำถามเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมใบกิจกรรมเรื่อง สายตากว้างไกล โลกเทคโนโลยี ส่งครูทำกิจกรรมการเรียนรู้ 28. ทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที	Google Form

บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งได้จากการทบทวน วิเคราะห์ และสังเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจนได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน นอกจากนี้ผู้เขียนได้นำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็นภาพของการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสำหรับจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะหนึ่งๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

บทความนี้ได้แสดงให้เห็นถึงเส้นทางของการพัฒนาความรู้ในวิชาชีพ (professional knowledge) ของครูไทยคนหนึ่ง ซึ่งก็คือตัวผู้เขียนเอง ที่ต้องการพัฒนาตนเองให้ก้าวสู่การเป็น “ครูไทย 4.0” ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ช่วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของตนเองและการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนเองต้องดำรงชีวิตภายในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหักศอก (disrupt) ที่ทำให้ต้องเผชิญกับปัญหาในชีวิตประจำวันที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้มากกว่าหนึ่งศาสตร์ในการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่มีลักษณะบูรณาการหรือเป็นสหวิทยาการมากขึ้นๆ

สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาวิชาชีพครูสู่การเป็น “ครูไทย 4.0” นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในทรรศนะส่วนตัวของผู้เขียน เชื่อมั่นว่า “ครูไทย 4.0 ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบัน และสามารถใช้สื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทันสมัยมาช่วยในการถ่ายทอดความรู้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน” (สะอาด พลซื่อ และขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2563) ผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการกระตุ้นให้ครูทุกคนได้มองเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนของตนเองเพื่อพัฒนาสู่การเป็น “ครูไทย 4.0” อย่างแท้จริง

References

- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teacher professional development. *Computer & Education*, 55(2), 1259-1269.
- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., & Kazerounion, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy; a sfate by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, 14(3), 5-12.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? , 9(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K., & Peruski, L. (2004). With a little help from your students: A new model for faculty development and online course design. *Jl. of Technology and Teacher Education*, 12(1), 25-55.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. J.M. Spector et al. (eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 101-111.
- Lawless, K., & Pellegrino, J. W. (2007). Technology into teaching and learning: knowns, unknowns, Mathematics Students' Achievement and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, 77(4), 575-614.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge (Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York). Retrieved from http://www.matt-koehler.com/publications/Mishra_Koehler_AERA_2008.pdf

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Srisawasdi, N. (2012). The role of TPACK in physics classroom: case studies of preservice physics teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3235-3243. In Thai
- Achirawatt Tungsombatsanti. (2560). The results of STEM education methods in physics the 11th grade level about light and visual equipment lesson. (Master thesis in Education) Science Educaiton, Rajabhat University Mahasarakham, Mahasarakham. (in Thai)
- Anyanee Samoon and Uthit Bumrungcheep. (2560). The way of mathematics thinking applying digital technology for active learning for Thailand Educaiton 4.0. *Journal of Education and Social Development*, 13(2), 14-29. (in Thai)
- Apisit Thongchai. (2556). What are technology and Engineering in STEM. *Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology Journal*, 42(185), 35-37. (in Thai)
- Chutiwat Suwatthipong and Ubon Thongpanya. (2020). Using digital technology to enhance active learning. *Education and Communication Technology Journal*, 15(8), 23-33. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2557). ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology Ministry of Education. (in Thai)
- Jurarat Thammaprateep . (2559). Developing technological pedagogical content knowledge in science teaching. *Journal of Research and Curriculum Development*, 6(2), 1-13. (in Thai)
- Khajornsak Buaraphan and Vantipa Roadrangka. (2548). Guideline for science teacher development: Developing pedagogical content knowledge. *Kasetsart Educational Review*, 20(2), 31-48. (in Thai)
- Kobwit Piriyawat, Pongprapan Pongsophon and Pattanee Jantrarotai. (2560). Multiple-case studies: perceptions of lower secondary school science teachers in regard to technological pedagogical content knowledge (TPACK) and teaching practices in opportunity expansion schools. *Journal Research Unit Science and Environment Learning*, 8(1), 141-171. (in Thai)

- Korawit Kuaklung, Prasong Kessaratikoon, and Singha Pasitpong. (2561). The study of achieveemnt by STEM education on equilibrium and elasticity for grade 11 students. Journal of Education Thaksin University, 18(2), 124-135. (in Thai)
- Lilla Adulyasas. (2561). The effects of developing pre-service mathematics teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) on mathematics students' achievement. Journal of Yala Rjabhat University, 13(1), 105-127. (in Thai)
- Ministry of Education. (2551). Basic Core Education Curriculum B.E. 2551. Bangkok: Ministry of Education. (in Thai)
- Ministry of Education. (2560). Learning standards and indicators (Amendment B.E. 2560), Mathematics Science and Geography Subjects, Basic Core Education Curriculum B.E. 2560. Bangkok: Agricultural Cooperative Printing Demonstrations of Thailand. (in Thai)
- Ministry of Education. (2561). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 - 2579. Bangkok: พรึกหวานกราฟฟิค
- Nararat Funcheon. (2562). Characteristics of teachers for Thailand 4.0. Retrieved from <https://www.trueplookpanya.com/blog/content/72765> (in Thai)
- Natdanai Neanthong. (2561). Seeing technolgoey world for education in digital age. Retrieved from <https://bit.ly/32hUFdK> เมื่อ 30 สิงหาคม 2563(in Thai)
- National Strategies (B.E. 2561-2580). (2561, 13 October). Government gazette (No. 135 Sec. 82 ก, pp. 35-39). (in Thai)
- Ninna Jansoon and Nawasit Rakbamrung . (2561). TPACK in chemistry classroom using PhET interactive simulations. Journal of Science and Science Education, 1(1), 109-121.
- Nittaya Phuphabang. (2559). The use of a STEM activity on bioplastics from cassava to develop integrated science process skills for Mathayomsuksa 2 students. (Master Thesis in Chemistry), Burapha University, Cholburi. (in Thai)
- Office of the Basic Education Commission. (2545). The National Educaiton Act B.E. 2542 (Amendment (No. 2) B.E. 2545. Bangkok: Prikwangraphic. (in Thai)
- Office of the Basic Education Commission. (2561). Policy of Office of the Basic Education Commission F.Y. 2561. Bangkok: Office of the Basic Education Commission. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2560). The 12th National Economic and Social Development Plan (B.E. 2560 – 2564). Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Council. (in Thai)

- Pattadon Udomsunti. (2560). Developing scientific literacy using engineering design process on STEM education approach in light and visual instrument topic for 11th grade students. (Master Thesis), Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Peempond Phaprom and Niwat Srisawadi. (2561). Promoting students' conceptual understanding and scientific and engineering practices for the students in Mattayomsuksa 6 with inquiry-based stem learning module on nanoscience. Journal of Graduate Research, 9(2), 43-67. (in Thai)
- Phitthaphon Phithak, Tweesak Chindanurak, Doungdern Pinsuwan, and Manat Boonprakob. (2562). Development of a physics instruction model based-on STEM education approach to enhance physics learning achievement, critical thinking, and adversary quotient of upper secondary students. Prince of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences, 6(1), 39-52. (in Thai)
- Pornthip Siriphatrachai. (2556). STEM Education and 21st century skills. Executive Journal, 33(2), 49-56. (in Thai)
- Prasart Nuangchalerm. (2558). Learning science in the 21st century. Bangkok: CU Print. (in Thai)
- Sasithev Pitiporntapin. (2558). Teaching science and society in the 21st century. Bangkok: Boss Publisher. (in Thai)
- Sukanya Chuelooppo, Thitiya Bongkotphet and Chompoonuch Warangkanagool. (2561). STEM education through engineering design process for developing 10th grade students' creative thinking in rotational motion topic. Social Sciences and Academic Journal, 13(7), 119-132. (in Thai)
- Suthida Chamrat. (2560). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity. STOU Educational Journal, 10(2), 13-34. (in Thai)
- Tanawat Sriwibunrat and Angkana Ortnene. (2562). A development of learning activities by using STEM education to enhance problem-solving ability on work and energy in physics for grade 10 students. The Golden Teak : Humanity and Social Science, 25(2), 197-207. (in Thai)

- Thayika Choosuwan. (2559). The effects of teaching physics by STEM approach in the topic of light on science process skills and scientific attitudes of Mathayom Suksa V students of middle sized secondary schools in Phra Nakhon Si Ayutthaya province. (Master Thesis in Educaiton) Science Education), Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi. (in Thai)
- Trirong Mathiphatikul. (2561). Developing cretivity and innovation through engineering design process based on STEM education in equilibrium topic for 10th grade studetns. (Master Thesis in Physics), Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Wasini Itsarasena Na Ayhtthaya. (2559). Knowing STEM Education. Bangkok: CU Print. (in Thai)
- Wilawan Phothong. (2561). Technolgoy and teachers' lifelong learning. Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences), 11(2), 18-26. (in Thai)
- Witchuda Sarakorn. (2560). Monitoring and evaluating students' learning achievement through learning activities with the STEAM education instructional model for developing creative thinking abilities and attitudes toward science of secondary students at the 11th grade level in physics class. (Master of Education Thesis in Science Education), Rajabhat University Mahasarakham, Mahasarakham. (in Thai)