Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะรายวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0

Competency-Based Physics Instruction in the Education 5.0 Era

วาสนา ด้วงรอด[1] กิตติชัย สุธาสิโนบล[2] และสุวิชา วันสุดล[3]
Wasana Doungrod[1] Kittichai Suthasinobon[2] and Suwicha Wansudon[3]
[1]ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Doctor of Philosophy Program in Educational Science and Learning Management,Faculty of Education, Srinakharinwirot University
เบอร์โทรศัพท์ 082 – 9174552, E-mail dragoleocobra@gmail.com
[2] สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Educational Science and Learning Management,Faculty of Education, Srinakharinwirot University

Received 18 January, 2026
Revised 19 March, 2026
Accepted 31 March, 2026

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในบริบทของการศึกษา **5.0** ซึ่งเป็นการศึกษาที่เชื่อมโยงเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และการพัฒนาทักษะทางสังคมและอารมณ์เข้าด้วยกัน (Vieira, 2024; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2025) การศึกษา 5.0 มีรากฐานมาจากแนวคิด Society 5.0 ของประเทศญี่ปุ่น ที่มุ่งสร้างสังคมที่มนุษย์เป็นศูนย์กลาง และใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาสังคม (Nur et al., 2023) การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ (Competency-Based Learning: CBL) เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ผ่านการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและเป็นรายบุคคล (Ahern & Dowling, 2021; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2025) จึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญของวิชาฟิสิกส์จะพบว่าวิชาฟิสิกส์มีบทบาทสำคัญในยุคนี้เนื่องจากเป็นพื้นฐานของนวัตกรรมเทคโนโลยีและการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ (Krajcik & Delen, 2020; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2024) บทความนี้เสนอแนวทางการสอนฟิสิกส์ที่บูรณาการเทคโนโลยี กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการพัฒนาสมรรถนะหลัก **6** ด้าน ได้แก่ การจัดการตนเอง การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม การคิดขั้นสูง การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง และการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลก และสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

คำสำคัญ : การศึกษา 5.0; การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ; ฟิสิกส์; เทคโนโลยีการศึกษา; ทักษะศตวรรษที่ 21

Abstract

This academic article presents an approach to competency-based physics instruction within the context of Education 5.0, which integrates digital technology, artificial intelligence, and the development of social and emotional skills (Vieira, 2024; Office of the Education Council, 2025). Education 5.0 is rooted in Japan's Society 5.0 concept, which aims to create a human-centered society that utilizes technology to address social challenges (Nur et al., 2023). Competency-Based Learning (CBL) is a process that focuses on enabling learners to develop essential competencies for the 21st century through flexible and individualized learning Ahern & Dowling, 2021; Office of the Basic Education Commission, 2025), making it an ideal framework for fostering students' full potential. Considering the significance of physics, it plays a vital role in this era as the foundation for technological innovation and the development of critical thinking, problem-solving, and knowledge application skills (Krajcik & Delen, 2020; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2024). This article proposes physics teaching strategies that integrate technology, inquiry-based learning, and the development of five core competencies: self-management, communication, teamwork, higher-order thinking, active citizenship and sustainability-oriented living with nature and technology. These strategies aim to prepare students for global shifts and empower them to apply their knowledge effectively to real-world challenges.

Keywords: Education 5.0; Competency-Based Learning; Physics; Educational Technology; 21st Century Skills

บทนำ

ปัจจุบันโลกเข้าสู่ยุค VUCA ซึ่งเป็นโลกที่มีความผันผวน ความไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกด้าน ทั้งเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมที่ในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2565; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2025) ซึ่งปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีควอนตัมเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน การจัดการศึกษาซึ่งเป็นกลไกหลักในการพัฒนาคน พัฒนาประเทศต้องปรับเปลี่ยนจากการเน้นเนื้อหา (Content-based) สู่การเน้นสมรรถนะ (Competency-Based) (Ahern & Dowling, 2021) เพื่อให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้ความสามารถและสามารถนำความรู้ไปใช้ ลงมือทำได้จริง เป็นการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีอย่างมีความหมาย ดังนั้นการศึกษา 5.0 (Education 5.0) จึงเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม (Vieira, 2024) สร้างสมดุลระหว่างเทคโนโลยี อารมณ์ จริยธรรม และการอยู่ร่วมกันในสังคม ฟิสิกส์ในฐานะวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล หุ่นยนต์ ปัญญาประดิษฐ์ พลังงาน และนวัตกรรม มักถูกผู้เรียนมองว่าเป็นเรื่องไกลตัวและเต็มไป

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

ด้วยสมการที่ซับซ้อนและยุ่งยาก จึงต้องเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการท่องจำเนื้อหาไปสู่ “การเรียนรู้ผ่านสมรรถนะ (Competency-based Education : CBE)” เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ฟิสิกส์แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางการเปลี่ยนผ่านการเรียนการสอนฟิสิกส์ไปสู่ "การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ" (Competency-Based Education) ภายใต้บริบทของ “การศึกษา 5.0” เพื่อสร้างผู้เรียนที่ไม่เพียงแค่รู้ฟิสิกส์ แต่สามารถใช้ฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างมีจริยธรรม

1. การศึกษา 5.0

1.1 ความหมายและแนวคิดของการศึกษา 5.0

การศึกษา 5.0 (Education 5.0) เป็นแนวคิดทางการศึกษาที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัล โดยเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น ปัญญาประดิษฐ์ ระบบข้อมูลขนาดใหญ่ และเทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างสมดุลและมีความรับผิดชอบต่อสังคม แนวคิดดังกล่าวมีรากฐานจากการพัฒนาสังคมในยุค Society 5.0 ซึ่งมุ่งสร้างสังคมที่มนุษย์เป็นศูนย์กลาง (human-centered society) และใช้เทคโนโลยีเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของมนุษย์ (Nur et al., 2023; OECD, 2021)

ในบริบทของการศึกษา การศึกษา 5.0 เน้นการพัฒนาผู้เรียนอย่างองค์รวม (holistic development) โดยให้ความสำคัญกับทั้งความรู้ ทักษะทางปัญญา และการพัฒนาด้านสังคมและอารมณ์ หรือ Social and Emotional Learning (SEL) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจตนเอง ควบคุมอารมณ์ สร้างความสัมพันธ์ที่ดี และมีความรับผิดชอบต่อสังคม (OECD, 2021; UNESCO, 2021) นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับ จริยธรรมในการใช้เทคโนโลยี (ethical use of technology) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ เคารพคุณค่าความเป็นมนุษย์ และตระหนักถึงผลกระทบทางสังคมของเทคโนโลยี (UNESCO, 2021; Vieira, 2024)

อีกประเด็นสำคัญของการศึกษา 5.0 คือการบูรณาการระหว่างโลกทางกายภาพและโลกดิจิทัล หรือที่เรียกว่า Cyber-Physical Integration ซึ่งเทคโนโลยีดิจิทัลถูกนำมาใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล (personalized learning) และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในโลกจริง (complex problem solving) (Vieira, 2024; OECD, 2021) ดังนั้น การศึกษา 5.0 จึงเป็นแนวคิดที่มุ่งสร้างสมดุลระหว่างเทคโนโลยี นวัตกรรม และคุณค่าความเป็นมนุษย์ เพื่อเตรียมผู้เรียนให้สามารถดำรงชีวิตและสร้างคุณค่าให้กับสังคมในยุคดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน (Nur et al., 2023; Vieira, 2024)

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

ปรัชญาหลักของการศึกษา 5.0 ประกอบด้วย

1) การพัฒนามนุษย์แบบองค์รวม (Holistic Human Development) เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านสติปัญญา อารมณ์ สังคม และจิตวิญญาณ ไม่เน้นเพียงความรู้ทางวิชาการ แต่ให้ความสำคัญกับคุณลักษณะของความเป็นมนุษย์ เช่น ความเห็นอกเห็นใจ จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม (UNESCO, 2021; OECD, 2023)

2) การผสมผสานมนุษย์กับเทคโนโลยี (Human-Technology Integration) เป็นการผสานเทคโนโลยีให้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้และชีวิตของมนุษย์อย่างสมดุล โดยเทคโนโลยีมีบทบาทในการเสริมศักยภาพของมนุษย์ ไม่ใช่การแทนที่มนุษย์ (Fukuyama, 2021; OECD, 2023)

3) การเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์เพื่อวิเคราะห์และปรับรูปแบบการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับศักยภาพ ความสนใจ และความพร้อมของผู้เรียนแต่ละคน (Holmes et al., 2022; UNESCO, 2023)

4) การแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน (Complex Problem Solving) เน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงระบบ และการแก้ปัญหาที่มีหลายมิติ เพื่อเตรียมผู้เรียนให้สามารถรับมือกับความท้าทายในโลกยุคดิจิทัลและสังคมแห่งอนาคต (OECD, 2023; World Economic Forum, 2023)

5) การสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovation Creation) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถประยุกต์ความรู้สู่การพัฒนานวัตกรรมที่สร้างคุณค่าทางเศรษฐกิจและสังคม (UNESCO, 2021; World Economic Forum, 2023)

ดังนั้นในบทความนี้ “การศึกษา 5.0 (Education 5.0)” ถูกนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational definition) ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry-based learning) เพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนอย่างองค์รวม ทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะทางสังคมและอารมณ์ และจริยธรรมในการใช้เทคโนโลยี โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเสริมศักยภาพมนุษย์ (human-centered technology) และส่งเสริมการแก้ปัญหาในโลกจริงผ่านการเรียนรู้เชิงสมรรถนะ (competency-based learning) (OECD, 2021; UNESCO, 2021; Vieira, 2024)

1.2 บทบาทของเทคโนโลยีในการศึกษา 5.0

เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการศึกษา 5.0 ดังนี้

เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการศึกษา 5.0 เนื่องจากช่วยสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล (personalized learning) การวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สมจริงมากขึ้น (OECD, 2021; UNESCO, 2021; Vieira, 2024) เทคโนโลยีสำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษา 5.0 ได้แก่

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

1) ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (Artificial Intelligence and Machine Learning) AI สามารถวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อปรับเนื้อหา วิธีการสอน และให้คำแนะนำแบบเฉพาะบุคคลได้ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต (UNESCO, 2021; Holmes et al., 2022; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2568)

2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมและความเป็นจริงเสมือน (AR/VR)เทคโนโลยี AR และ VR ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสำรวจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทำให้แนวคิดที่เป็นนามธรรมเข้าใจได้ง่ายขึ้น และช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Radianti et al., 2020; Makransky & Petersen, 2021)

3) Internet of Things (IoT) IoT เป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์และเซ็นเซอร์เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเก็บข้อมูลจากสภาพแวดล้อมจริงและนำมาใช้ในการเรียนรู้เชิงทดลองหรือการเรียนรู้แบบ STEM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Al-Emran et al., 2020)

4) Big Data Analyticsการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ช่วยให้ครูและผู้บริหารการศึกษาสามารถเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน คาดการณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และปรับปรุงกระบวนการจัดการศึกษาให้เหมาะสมยิ่งขึ้น (OECD, 2021; Siemens & Baker, 2021)

5) Cloud Computingเทคโนโลยีคลาวด์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา และสนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกันผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ (UNESCO, 2021; Vieira, 2024)

1.3 ความแตกต่างระหว่างการศึกษา 4.0 และ 5.0

การศึกษา 4.0 เป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นในบริบทของการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ซึ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ผู้เรียนถูกคาดหวังให้มีทักษะศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดขั้นสูง การทำงานร่วมกัน ความคิดสร้างสรรค์ และการรู้เท่าทันสื่อ ในการศึกษา 4.0 เทคโนโลยี เช่น AI, VR, AR, IoT และแพลตฟอร์มดิจิทัล ถูกใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบยืดหยุ่น มีข้อมูลเป็นฐาน และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) หรือโค้ชทางการเรียนรู้ มากกว่าจะเป็นผู้ถ่ายทอดเนื้อหาโดยตรง ในขณะที่ การศึกษา 5.0 มุ่งสร้างสังคมสมดุลระหว่างเทคโนโลยีและความเป็นมนุษย์ การศึกษา 5.0 จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนอย่างองค์รวมทั้งด้านปัญญา อารมณ์ จริยธรรม และสังคม โดยเทคโนโลยีถูกใช้เป็น “เครื่องมือเพิ่มคุณค่า” (value added tool) ไม่ใช่ตัวผลักดันหลัก (Vieira, 2024)ผู้เรียนมีอิสระในการออกแบบเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง (personalized learning pathway) ในขณะที่ครูทำหน้าที่ผู้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ (experience designer) และผู้นำทางด้านคุณค่าเพื่อพัฒนาพลเมืองที่รับผิดชอบต่อสังคม

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

สรุปได้ว่า การศึกษา 4.0 เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะดิจิทัล และการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นมากขึ้น ในขณะที่การศึกษา 5.0 เป็นการพัฒนาต่อยอดโดยเพิ่มมิติของมนุษย์และสังคมเข้ามาเน้นความสมดุลระหว่างเทคโนโลยีกับความเป็นมนุษย์ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน และการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอย่างมีจริยธรรม ประเทศไทยกำลังก้าวสู่ยุค Thailand 5.0 ซึ่งต้องการพัฒนาคนให้มีทักษะที่ตรงกับความต้องการของตลาดงาน มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ การศึกษา 5.0 จึงเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ ลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา และขับเคลื่อนประเทศไปสู่การเป็นประเทศนวัตกรรมอย่างยั่งยืนซึ่งการเรียนการสอนที่ตอบสนองการศึกษา 5.0 รูปแบบหนึ่งคือ การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ

2. การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ

2.1 ความหมายของการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ

การเรียนการสอนฐานสมรรถนะ (Competency-Based Learning: CBL) หรือที่เรียกว่า การศึกษาฐานสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาและแสดงให้เห็นถึงความสามารถหรือสมรรถนะเฉพาะด้านที่กำหนดไว้ (4lifelonglearning, 2568; CBE Thailand, 2568) โดยผู้เรียนมีบทบาทหลักในการเรียนรู้ของตนเองผ่านการคิด การกระทำ และการสะท้อนคิด การเรียนการสอนฐานสมรรถนะแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมที่เน้นการท่องจำเนื้อหาและเวลาที่ใช้ในการเรียน แต่เน้นไปที่ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes) และความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

สมรรถนะ (Competency) หมายถึง การบูรณาการของความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) และเจตคติ (Attitudes) (ประจักษ์ คณาสวัสดิ์, 2564) ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมรรถนะไม่ใช่เพียงการท่องจำความรู้ แต่เป็นความสามารถในการนำความรู้นั้นไปใช้แก้ปัญหาและสร้างสรรค์คุณค่า

หลักการสำคัญของการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ ประกอบด้วย

1) มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes Focused) โดยการกำหนดผลลัพธ์ที่คาดหวังอย่างชัดเจน และวัดผลได้ ผู้เรียนรู้ว่าตนเองต้องแสดงสมรรถนะอะไรและในระดับใด

2) มีความยืดหยุ่นของเวลาเรียน (Flexible Time) ไม่จำกัดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถใช้เวลาตามความจำเป็นจนกว่าจะบรรลุสมรรถนะที่ต้องการ บางคนอาจเรียนเร็ว บางคนอาจใช้เวลานานกว่า

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

3) การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) เป็นการประเมินไม่ใช่เพื่อตัดสิน แต่เป็นการประเมินพัฒนาการ ให้ข้อมูลย้อนกลับและช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาต่อไป ผ่านการประเมินต่อเนื่องและหลากหลายรูปแบบ

4) การเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) เกิดการปรับวิธีการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับลักษณะความสนใจ และความพร้อมของผู้เรียนแต่ละคน

5) ความโปร่งใสของเกณฑ์ (Transparent Criteria) ต้องแจ้งผู้เรียนให้ทราบถึงเกณฑ์การประเมินและระดับสมรรถนะที่คาดหวังตั้งแต่เริ่มต้น

6) พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Progress) ผู้เรียนสามารถพัฒนาต่อไปได้ทันทีเมื่อแสดงสมรรถนะได้ตามที่กำหนด ไม่ต้องรอภาคเรียนหรือปีการศึกษาสิ้นสุด (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2025)

2.2 องค์ประกอบของสมรรถนะ

สมรรถนะ (Competency) ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่

1) ความรู้ (Knowledge) คือ ความเข้าใจในเนื้อหาและแนวคิดพื้นฐาน

2) ทักษะ (Skills) คือ ความสามารถในการปฏิบัติและการประยุกต์ใช้ความรู้

3) คุณลักษณะ (Attributes) ทัศนคติ ค่านิยม และพฤติกรรมที่เหมาะสม

2.3 สมรรถนะหลัก 6 ด้าน

สมรรถนะหลัก (Core Competencies) หมายถึง สมรรถนะที่กำหนดให้เป็นพื้นฐานที่ผู้เรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษา มีดังนี้

1) สมรรถนะการจัดการตนเอง หมายถึง การรู้จัก รัก เห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น สามารถตั้งเป้าหมาย วางแผน จัดการเวลา และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง

2) สมรรถนะการคิดขั้นสูง หมายถึง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

3) สมรรถนะการสื่อสาร หมายถึง ความสามารถในการรับและส่งสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งการพูด การเขียนและการใช้เทคโนโลยีสื่อสาร

4) สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม หมายถึง ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นเคารพความหลากหลาย และมีส่วนร่วมในการบรรลุเป้าหมายร่วมกัน

5) สมรรถนะการเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง หมายถึง ความสามารถในการมีส่วนร่วมในสังคมมีความรับผิดชอบ เข้าใจสิทธิและหน้าที่ และมีจิตสาธารณะ

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

6) สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน หมายถึง มีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของโลกและเอกภพและความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และธรรมชาติในชีวิตประจำวัน ใช้และรู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี เห็นคุณค่า สามารถแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมเพื่อการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2565)

สมรรถนะหลัก 6 ประการ

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์ คู่มือการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาฐานสมรรถนะ

ดังนั้นการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นผลลัพธ์การเรียนรู้และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงมากกว่าการเน้นเวลาเรียนหรือการจดจำเนื้อหา (Ahern & Dowling, 2021; OECD, 2021) การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้บูรณาการความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะในการแก้ปัญหาและสร้างคุณค่าในบริบทที่หลากหลาย (Mulder, 2022)

2.4 หลักการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะมีหลักการสำคัญดังนี้

1) ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Learner-Centered) โดยให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้เลือกเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง

2) เน้นการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นการเน้นความเข้าใจอย่างแท้จริง ไม่ใช่การท่องจำ

3) ใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เพื่อประเมินความสามารถ จากการปฏิบัติจริงในบริบทที่หลากหลาย

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

4) ความยืดหยุ่นของเวลาในการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามจังหวะของตนเอง ไม่ถูกจำกัดด้วยเวลา

5) การให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง (Continuous Feedback) ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ (Starfish Labz, 2568; ประจักษ์ คณาสวัสดิ์, 2564)

จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนฐานสมรรถนะสามารถสร้างผู้เรียนให้เกิดทักษะตรงกับความต้องการของตลาดงาน ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ลดความเหลื่อมล้ำในการเรียนรู้โดยให้ทุกคนมีโอกาสพัฒนาตามศักยภาพ พัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปใช้ได้จริงรวมถึงเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

3. ความสำคัญของวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0

ในบริบทของการศึกษา 5.0 แม้ว่าเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) จะเข้ามามีบทบาทในการประมวลผลและคำนวณสมการทางฟิสิกส์ได้รวดเร็วกว่ามนุษย์ แต่วิชาฟิสิกส์ยังคงเป็นแกนหลักที่ขาดไม่ได้ โดยได้ปรับเปลี่ยนบทบาทจากการเน้นการคำนวณไปสู่การเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่สำคัญที่สุด 3 ประการ ประการแรก ฟิสิกส์ทำหน้าที่เป็น "รากฐานของกระบวนการคิด" โดยปลูกฝังตรรกะ (Krajcik & Delen, 2020) และความเข้าใจในความเป็นเหตุเป็นผล (Causality) ซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันสำคัญทางความคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบข้อเท็จจริง (Fact-checking) ได้อย่างแม่นยำท่ามกลางกระแสข้อมูลข่าวสารมหาศาล ประการต่อมา ฟิสิกส์เป็นกุญแจสำคัญในการ "ยกระดับมนุษย์เหนือเทคโนโลยี" เนื่องจากฟิสิกส์คือพื้นฐานของนวัตกรรมสมัยใหม่ การเข้าใจหลักการทำงานทางฟิสิกส์จึงช่วยเปลี่ยนสถานะของผู้เรียนจากเพียง "ผู้ใช้งาน (User)" ให้กลายเป็น "ผู้พัฒนา (Developer)" (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567) ที่สามารถควบคุม ซ่อมแซม และสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ๆ ได้ด้วยตนเองและประการสุดท้าย ฟิสิกส์ คือ เครื่องมือในการ "แก้ปัญหาความซับซ้อนของโลก" ผ่านการฝึกฝนทักษะการคิดขั้นสูงและการคิดเชิงระบบ (System Thinking) ทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ทางฟิสิกส์เข้ากับศาสตร์อื่นๆ เพื่อหาทางออกให้กับโจทย์ที่ท้าทายระดับโลก ไม่ว่าจะเป็นวิกฤตโลกร้อน การพัฒนาพลังงานสะอาด หรือการสำรวจอวกาศ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและความยั่งยืนของสังคมโลกในอนาคต

กล่าวได้ว่า ความสำคัญของวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0 คือ เป็นรากฐานนวัตกรรมและกุญแจสู่การแก้ปัญหาโลกการเรียนรู้ฟิสิกส์ในยุคนี้จึงเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนยกระดับจาก “ผู้ใช้งาน” ไปสู่การเป็น “ผู้สร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรม” ที่รู้เท่าทันเทคโนโลยี ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในยุคนี้ จึงไม่ใช่เพียงการถ่ายทอดเนื้อหา แต่เป็นการสร้างพลเมืองโลกที่มีศักยภาพ

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

พร้อมที่จะใช้องค์ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างสรรค์สังคมที่ยั่งยืน และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

4. การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0

4.1 การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0

การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในยุคดิจิทัลควรเน้นการเรียนรู้เชิงสืบเสาะ (inquiry-based learning) และการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียน (Krajcik & Delen, 2020โมเดลการเรียนรู้แบบ 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) เป็นหนึ่งในกรอบการสอนที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ (Bybee, 2020)

การพลิกโฉมการศึกษาวิชาฟิสิกส์ในยุค 5.0 จำเป็นต้องก้าวข้ามการถ่ายทอดเนื้อหาทฤษฎีแบบดั้งเดิม ไปสู่การจัดการเรียนรู้ที่เน้นฐานสมรรถนะ (Competency-Based Learning) โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างผู้เรียนที่ไม่ได้เพียงแค่ “รู้ฟิสิกส์” แต่สามารถ “ใช้ฟิสิกส์” ในการขับเคลื่อนชีวิตและสังคมได้ การออกแบบการเรียนการสอนจึงต้องวางอยู่บนหลักการสำคัญคือ การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Technology-Integrated Inquiry) เพื่อพัฒนาสมรรถนะหลักทั้ง 6 ด้านของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม

การบูรณาการเทคโนโลยีและกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก รากฐานของการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้คือการผสานเทคโนโลยีเข้ากับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) อย่างไร้รอยต่อ โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ **“**Tech-Active Physics 5E**”** ซึ่งเป็นการยกระดับกระบวนการการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5E เดิมด้วยเครื่องมือดิจิทัล (พงศธร กิตติวรานันท์, 2563; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) เริ่มต้นจาก ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) ด้วยสื่อมัลติมีเดียหรือสถานการณ์จริงที่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนและร่วมกันกำหนดประเด็นในการศึกษา ต่อด้วยขั้นสำรวจ (Explore) ที่เปลี่ยนห้องเรียนเป็นห้องปฏิบัติการดิจิทัล โดยใช้ซอฟต์แวร์จำลองปรากฏการณ์ (Simulation) เช่น PhET หรือ Algodoo เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือการใช้เซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟน (Smartphone-Based Experiments) เพื่อเก็บข้อมูลทางฟิสิกส์ที่แม่นยำ ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นอธิบาย (Explain) ผู้เรียนสามารถนำเสนอข้อค้นพบ อธิบายด้วยแนวคิดของตนเองตามหลักฐาน เปรียบเทียบกันโดยครูช่วยแนะนำแนวคิดที่ถูกต้อง นำไปสู่ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาใหม่ ๆ รวมถึงอธิบายปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้อย่างลึกซึ้ง ในส่วนของขั้นประเมินผล (Evaluation) ประเมินผลตนเองและผู้อื่นด้วยหลักฐานเพื่ออธิบายแนวคิดและเหตุผลในการประเมินภาพรวม

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ยังขยายขอบเขตผ่านรูปแบบที่หลากหลายเช่นห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ที่ให้ผู้เรียนศึกษาทฤษฎีผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น Khan Academy หรือ Coursera ล่วงหน้า เพื่อใช้เวลาในห้องเรียนสำหรับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน หรือการใช้ Gamification ผ่านแอปพลิเคชันอย่าง Physics Games เพื่อเปลี่ยนเรื่องยากให้เป็นความท้าทายที่สนุกสนาน รวมถึงการนำเทคโนโลยี AR/VR มาช่วยจำลองโลกเสมือนจริงในเรื่องที่ทำการทดลองจริงได้ยาก เช่น ฟิสิกส์ดาราศาสตร์หรือฟิสิกส์นิวเคลียร์

การพัฒนาสมรรถนะหลัก 6 ด้านผ่านโครงงานและการแก้ปัญหา กระบวนการเรียนรู้ข้างต้นไม่ได้มุ่งเน้นเพียงผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ แต่ถูกออกแบบมาเพื่อบ่มเพาะสมรรถนะชีวิตที่สำคัญ 6 ประการ ได้แก่

1. การจัดการตนเอง โดยฝึกให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายและรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง

2. การสื่อสารโดยการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการทดลองด้วยสื่อดิจิทัล และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3. การทำงานเป็นทีม โดยการใช้กิจกรรมกลุ่มที่ต้องมีการแบ่งบทบาทและให้ข้อมูลป้อนกลับ

4. การคิดขั้นสูง ฝึกฝนผ่านโจทย์ปัญหาปลายเปิดและการเรียนรู้แบบโครงงาน (PBL) เช่น การสร้างนวัตกรรมพลังงานทดแทน

5. การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็งโดยเชื่อมโยงความรู้ฟิสิกส์สู่การแก้ปัญหาสังคม เช่น เรื่อง มลพิษมลภาวะ รวมถึงภาวะโลกร้อน เพื่อปลูกฝังความรับผิดชอบต่อโลก

6. การอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน โดยการนำความรู้ไปพัฒนาธรรมชาติ และวิทยาการ เช่น การสร้างนวัตกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

ปัจจัยสำคัญที่จะขับเคลื่อนกระบวนการเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ "การบูรณาการเทคโนโลยี" เข้าสู่ชั้นเรียนอย่างชาญฉลาด ตั้งแต่การใช้ซอฟต์แวร์จำลอง (Simulations) และแอพพลิเคชันเพื่อลดข้อจำกัดในการทดลอง การนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (AR/VR) มาช่วยแปลงนามธรรมให้เป็นรูปธรรม การใช้ระบบ IoT และเซ็นเซอร์ในการเก็บข้อมูลที่แม่นยำ ไปจนถึงการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในบทบาทของผู้ช่วยสอนส่วนตัวที่วิเคราะห์และปรับการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับรายบุคคล การผสมผสานเทคโนโลยีเหล่านี้ไม่ได้เป็นเพียงการอำนวยความสะดวก แต่เป็นการเปิดมิติใหม่ของการเรียนรู้ที่ทำให้ฟิสิกส์เป็นเรื่องที่จับต้องได้และท้าทาย

การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง เมื่อเป้าหมายการเรียนรู้เปลี่ยนไปสู่สมรรถนะ การวัดผลจึงไม่อาจพึ่งพาเพียงแบบทดสอบข้อเขียน แต่ต้องใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561) ที่สะท้อนความสามารถรอบด้าน ทั้งการประเมินจากชิ้นงาน โครงงาน

และพอร์ตฟลิโอ ควบคู่ไปกับ การประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment) ที่เน้นการสังเกตและให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุง นอกจากนี้ ยังควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเองและเพื่อน (Self and Peer Assessment) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) ที่ชัดเจนและตกลงร่วมกัน เพื่อให้การวัดผลเป็นเครื่องมือในการพัฒนาผู้เรียนอย่างแท้จริง มิใช่เพียงการตัดสินผลเท่านั้น

บทบาทใหม่ของครูฟิสิกส์นับเป็นกุญแจหนึ่งที่จะไขสู่ความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับ "การเปลี่ยนบทบาทของครู" จากผู้ถ่ายทอดความรู้ (Lecturer) มาสู่การเป็น "ผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator)" และ "ผู้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ (Learning Designer)" (Vieira, 2024; Ahern & Dowling, 2021) ที่สามารถสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น รวมถึงทำหน้าที่เป็น "ผู้ให้คำปรึกษา (Mentor)" ที่คอยประคับประคองและชี้แนะแนวทางรายบุคคล ดังนั้น ครูฟิสิกส์ในยุคนี้จึงจำเป็นต้องเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learner) ที่หมั่นพัฒนาตนเองทั้งในด้านเนื้อหาวิชาการที่ทันสมัยและทักษะการใช้เทคโนโลยี เพื่อเป็นต้นแบบและผู้นำพาผู้เรียนก้าวสู่การเป็นนวัตกรที่มีคุณภาพของสังคมโลก

บทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้ฟิสิกส์ฐานสรรถนะยุค 5.0 มีการปรับกระบวนทัศน์สำคัญ จากเดิมเป็นเพียง “ผู้รับความรู้ (Passive Receiver) สู่การเป็น “ผู้ร่วมสร้างนวัตกรรมและผู้กำกับเทคโนโลยี (Co-Innovator & Technology Orchestrator)” ประกอบด้วย 4 มิติหลัก ได้แก่ บทบาทในการสร้างองค์ความรู้ สังเกตปรากฏการณ์จริง แล้วสร้างสมมติฐานหรือโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบาย ทำหน้าที่เป็นนักโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ยืนยันความคิดของตนเอง โต้แย้งผู้อื่นโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ มิติที่สองคือเป็นผู้กำกับเทคโนโลยี ใช้งาน AI อย่างชาญฉลาด ประยุกต์ใช้วิธีคิดเชิงคำนวณในการแก้โจทย์ฟิสิกส์ที่ซับซ้อน มิติที่สาม คือเป็นผู้กำกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Regulated Learner) ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของตนเอง มีความยืดหยุ่นทางปัญญา พร้อมเรียนรู้เรื่องใหม่เพื่อพัฒนาตลอดเวลา มิติสุดท้ายมิติที่ 4 ซึ่งเป็นหัวใจของสังคม 5.0 คือ การเป็นนวัตกรเพื่อสังคม (Social Innovator) มองฟิสิกส์เป็น “เครื่องมือแก้ปัญหาเพื่อนมนุษย์” เช่น การสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาชุมชนโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและจริยธรรม

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุค 5.0 คือกระบวนการที่เชื่อมโยงเทคโนโลยี การสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาในโลกจริงเข้าด้วยกัน เพื่อสร้าง “นวัตกรเพื่อสังคม” ที่มีความพร้อมทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติ ในการก้าวทันโลกอนาคต พร้อมส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าและแก้ปัญหาสังคม

4.2 การเปรียบเทียบโมเดล Tech-Active Physics 5E กับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

โมเดล Tech-Active Physics 5E ที่นำเสนอในบทความนี้พัฒนาต่อยอดจากแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) และโมเดล 5E Instructional Model ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน Engage, Explore, Explain, Elaborate และ Evaluate โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมการสร้าง

องค์ความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ (Bybee, 2020) โมเดล 5E ได้รับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงแนวคิดและทักษะการคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Krajcik & Delen, 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการสอนฟิสิกส์แบบดั้งเดิมที่เน้นการบรรยายเนื้อหาและการแก้โจทย์คำนวณ โมเดลการเรียนรู้เชิงสืบเสาะช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสำรวจ ทดลอง และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในช่วงหลังชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้เชิงสืบเสาะเพียงอย่างเดียว อาจยังไม่เพียงพอในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในยุคดิจิทัล จึงมีการเสนอให้บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (OECD, 2021; Vieira, 2024) โมเดล Tech-Active Physics 5E จึงเป็นการพัฒนาต่อยอดจากโมเดล 5E โดยเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ซอฟต์แวร์จำลองปรากฏการณ์ (simulation), การทดลองด้วยสมาร์ตโฟน (smartphone-based experiments), และแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อสนับสนุนการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ผลการทดลอง และการอภิปรายเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกันของผู้เรียน การบูรณาการเทคโนโลยีดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน (Krajcik & Delen, 2020; Vieira, 2024)

ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลการจัดการเรียนรู้เดิม โมเดล Tech-Active Physics 5E มีลักษณะเด่นคือ

1) การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ

2) การเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสถานการณ์จริงผ่านกิจกรรมการทดลองและการเก็บข้อมูลจากสภาพแวดล้อมจริง

3) การพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในหลายมิติ ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการศึกษา 5.0 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนอย่างองค์รวม

4.3 ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะวิชาฟิสิกส์

การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0 สามารถประยุกต์ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล โดยหนึ่งในโมเดลที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายคือ โมเดลการเรียนรู้แบบ 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) เพื่อส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ (Bybee, 2020)

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ “Tech-Active Physics 5E” เป็นการประยุกต์โมเดล 5E ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น simulation, smartphone-based experiments และแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ ทดลอง และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Krajcik & Delen, 2020,Vieira, 2024)

การใช้เทคโนโลยีร่วมกับการเรียนรู้เชิงสืบเสาะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา และความเข้าใจเชิงลึกของแนวคิดทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (Bybee, 2020; Krajcik & Delen, 2020)

"Tech-Active Physics 5E" เรื่อง ระดับความเข้มเสียง
Phase 1: **The Flip (**ห้องเรียนกลับด้าน – ก่อนคาบเรียน เรียนที่บ้าน)
1. Watch - ครูส่งคลิปวิดีโอ **(**Micro-learning) อธิบายว่าทำไมเราต้องใช้หน่วย "เดซิเบล" แทน "วัตต์/ตารางเมตร" (เพราะหูมนุษย์รับรู้เสียงในช่วงที่กว้างมากแบบ Logarithm)
2. Write – ผู้เรียนจดบันทึกแบบคอร์เนล เพื่อบันทึก keyword เนื้อหา และตั้งคำถาม
3. Quiz - ทำแบบทดสอบสั้นๆ 3 ข้อผ่าน Google Forms เพื่อตรวจสอบการเรียนรู้เบื้องต้น
4. Install - ผู้เรียนติดตั้งแอปพลิเคชันวัดเสียงลงบนมือถือเพื่อเตรียมความพร้อม
Phase 2: **In Class 5 E** (กิจกรรมกลุ่ม)
1. กระตุ้นความสนใจ (Engage) กิจกรรม "The Decibel Guessing Game"
1) **Situation** ครูเปิดเสียงสถานการณ์ต่างๆ (เช่น เสียงกระซิบ**,** เสียงเครื่องบินเจต**,** เสียงคอนเสิร์ต) จากลำโพง
2) **Tech-Active** ผู้เรียนใช้แอปบนมือถือวัดระดับเสียงจริงในห้องเรียน เปรียบเทียบกับ มาตรฐานความดังเสียง
3) **Big Question** เช่น ทำไมเมื่อเราถอยหลังออกมาจากลำโพงแค่ 1-2 ก้าว ความดังถึงลดลงฮวบฮาบ
2. สำรวจและค้นหา (Explore) กิจกรรม "ปฏิบัติการระยะทางกับความเงียบ" ภารกิจ **:** หาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด **(r)** กับ ระดับความเข้มเสียง β
1) **Setup** ผู้เรียนวางมือถือเครื่องหนึ่งเปิด **"Pink Noise" (**เสียงซ่าคงที่) เป็นแหล่งกำเนิดเสียง
2) **Tech-Active** ผู้เรียนใช้มือถืออีกเครื่องเปิดแอปวัดเสียง วัดค่าความดังที่ระยะห่างเพิ่มเป็นสองเท่า
3) **Data Collection** บันทึกค่าลงใน Google Sheets แบบ Real-time Collaboration เพื่อดูข้อมูลรวมของทั้งห้อง

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explain) กิจกรรม: "จากกราฟสู่สมการ"
1) **Visualization** เปิดกราฟจาก Google Sheets ให้ดูแนวโน้มของข้อมูล 2) **Discussion** อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ ระยะที่ห่างเพิ่มขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มเสียง 3) **Physics Connection** ร่วมกันเชื่อมโยงผลการทดลองเข้าสู่ทฤษฎี 3.1) ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง 3.2) ระดับความเข้มเสียงคำนวณจาก Logarithm $\beta = 10 \log (I/I_0)$ 4) **Simulation** ใช้โปรแกรมDesmos พล็อตกราฟ Log function เทียบกับกราฟ $1/x^2$
4. ขยายความรู้ (Elaborate) กิจกรรม "แผนที่มลพิษทางเสียง (Noise Map Designer)"
1) Scenario สมมติให้นักเรียนเป็น "วิศวกรสิ่งแวดล้อม" ต้องตรวจสอบพื้นที่ในโรงเรียน 2) Task แบ่งกลุ่มไปวัดระดับเสียงตามจุดต่างๆ (โรงอาหาร, ห้องสมุด, สนามฟุตบอล) 3) Safety Check วิเคราะห์ว่าจุดไหนมีความเสี่ยงต่ออันตรายทางเสียง (เกิน 85 dB) และเสนอวิธีป้องกัน 4) Output สร้างแผนที่ความร้อน (Heat map) คร่าวๆ ลงใน Jam Board ,Padlet ของห้อง
5. ประเมินผล (Evaluate) กิจกรรม "Sound Master Challenge"
1) Calculation โจทย์สถานการณ์จริง เช่น "ถ้ายืนห่างจากลำโพงงานวัด 10 เมตร ได้ยินเสียง 100 dB ถ้าย้ายไปยืนที่ 100 เมตร จะได้ยินกี่ dB?" (เน้นการใช้ Logarithm ในการคำนวณ) 2) Reflection ผู้เรียนเขียนสรุปสั้นๆ (One-minute paper) ผ่านแอปแชทของห้องเรียน ว่า "ความเข้าใจที่เปลี่ยนไปเกี่ยวกับความดังเสียงในวันนี้คืออะไร?"

ภาพการจัดการเรียนการสอน

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

จากตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะวิชาฟิสิกส์ในยุคการศึกษา 5.0 มีจุดเด่นสำคัญสำหรับครูฟิสิกส์ยุคใหม่ คือ Low Cost - High Tech เป็นการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่มี (Smartphone) ไม่ต้องซื้อเครื่องวัดเสียงราคาแพง สามารถเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี มีการนำ Math Application เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นว่า Logarithm ไม่ใช่แค่คณิตศาสตร์บนกระดาน แต่เป็นสิ่งที่อธิบายการรับรู้ของหูมนุษย์ และประการสำคัญยังเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงกับบริบทของความเป็นจริง Real-world Context โดยเชื่อมโยงเรื่องมลพิษทางเสียง ทำให้ฟิสิกส์ดูใกล้ตัวและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และตระหนักถึงคุณค่าในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

4.4 ข้อจำกัด ความท้าทายในการจัดการเรียนรู้

แม้ว่าการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน แต่การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานศึกษายังเผชิญข้อจำกัดหลายประการ ประการแรกคือ ความพร้อมของโรงเรียนและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี โรงเรียนบางแห่งอาจยังขาดอุปกรณ์ดิจิทัล เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพ หรือแพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่รองรับการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น AI, AR/VR หรือระบบวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนการเรียนรู้ในบริบทของการศึกษา 5.0 (OECD, 2021; UNESCO, 2021)
ประการที่สองคือ ภาระงานและความพร้อมของครูผู้สอน การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลจำเป็นต้องอาศัยครูที่มีทั้งความรู้ทางเนื้อหา ความสามารถในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และทักษะด้านเทคโนโลยีการศึกษา อย่างไรก็ตาม ในหลายบริบทครูยังต้องรับผิดชอบภาระงานด้านการสอน งานธุรการ และงานกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้มีข้อจำกัดในการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้หรือการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียน (Ahern & Dowling, 2021; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2568) ประการที่สามคือ ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและงบประมาณ แม้ว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลจะช่วยเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลาย แต่การนำเทคโนโลยีมาใช้ในห้องเรียนจำเป็นต้องอาศัยการลงทุนด้านอุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ และการพัฒนาศักยภาพครูอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดสำหรับสถานศึกษาที่มีทรัพยากรจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทหรือโรงเรียนขนาดเล็ก (UNESCO, 2021; Vieira, 2024)

ดังนั้น การขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 จำเป็นต้องอาศัยการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน ทั้งในด้านนโยบายการศึกษา การพัฒนาครู โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี และการจัดสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสม เพื่อให้การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

4.5 ความเป็นไปได้เชิงนโยบายในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

การขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในบริบทของการศึกษา 5.0 มีความสอดคล้องกับทิศทางนโยบายการศึกษาของประเทศไทยที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะนโยบาย หลักสูตรฐานสมรรถนะของการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2565 ซึ่งกำหนดให้สถานศึกษาปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการเน้นเนื้อหาไปสู่การพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับบริบทจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2565) ในเชิงนโยบาย การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ปัญญาประดิษฐ์ ระบบวิเคราะห์ข้อมูล และแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ เข้ากับการจัดการเรียนการสอนสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการศึกษาในยุคดิจิทัล ซึ่งองค์กรระหว่างประเทศ เช่น OECD และ UNESCO ได้เสนอให้ประเทศต่าง ๆ พัฒนาระบบการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคลและการพัฒนาทักษะแห่งอนาคต (OECD, 2021; UNESCO, 2021)

อย่างไรก็ตาม ความเป็นไปได้ในการดำเนินนโยบายดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญหลายด้าน ได้แก่

1) การพัฒนาศักยภาพครู ให้มีความสามารถในการออกแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะและการใช้เทคโนโลยีการศึกษา

2) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัลของโรงเรียน เช่น อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง อุปกรณ์ดิจิทัล และแพลตฟอร์มการเรียนรู้

3) การสนับสนุนทรัพยากรและงบประมาณจากภาครัฐ เพื่อให้สถานศึกษาสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง

4) การสร้างระบบนิเวศทางการศึกษา (educational ecosystem) ที่ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถานศึกษา หน่วยงานรัฐ และภาคเอกชน (OECD, 2021; Vieira, 2024)

ดังนั้น ในระดับนโยบาย การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 ควรดำเนินควบคู่กับการพัฒนาครู การลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล และการออกแบบนโยบายการศึกษาแบบบูรณาการ เพื่อให้การปฏิรูปการเรียนรู้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

บทสรุป

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยและแนวคิด Society 5.0 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2565; Nur et al., 2023) การบูรณาการเทคโนโลยีกับการเรียนรู้เชิงสมรรถนะช่วยพัฒนาผู้เรียนอย่างองค์รวม (Vieira, 2024; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2025) และเตรียมทรัพยากรมนุษย์ให้

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

พร้อมต่อ Thailand 5.0 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2025) เป็นรากฐานสำคัญของการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพและทันสมัย ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาไม่เพียงแต่ความรู้เนื้อหา แต่รวมถึงทักษะ ทัศนคติ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการทำงานในศตวรรษที่ 21 สมรรถนะหลัก 6 ด้าน ได้แก่ การจัดการตนเอง การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม การคิดขั้นสูง และการเป็นพลเมืองที่เข้มแข็งและการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน เป็นรากฐานสำคัญที่ต้องปลูกฝังในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ ซึ่งวิชาฟิสิกส์เป็นรายวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในยุคนี้ เนื่องจากเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ขับเคลื่อน Society 5.0

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 ควรยึดหลักการสำคัญ คือ การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับการเรียนรู้ การเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการพัฒนาสมรรถนะหลัก 6 ด้าน ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย รูปแบบการเรียนรู้ที่แนะนำ ได้แก่ Tech-Active Physics 5E, การเรียนรู้แบบโครงงาน, Flipped Classroom และ Gamification ซึ่งล้วนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้และพัฒนาสมรรถนะของตนเองอย่างเต็มศักยภาพ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีการศึกษาอย่างเหมาะสม เช่น ซอฟต์แวร์จำลอง เซ็นเซอร์แบบไร้สาย สมาร์ทโฟน และเทคโนโลยี AR/VR ช่วยทำให้การเรียนฟิสิกส์มีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย และสามารถเข้าถึงได้มากขึ้น โดยเฉพาะสำหรับแนวคิดที่เป็นนามธรรมหรือปรากฏการณ์ที่ยากต่อการสังเกตในห้องเรียนทั่วไป นอกจากนี้การประเมินผลการเรียนรู้ฐานสมรรถนะต้องมีความหลากหลายและสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน รวมถึงบทบาทของครูในยุคนี้เปลี่ยนแปลงไปจากผู้ถ่ายทอดความรู้ เป็นผู้อำนวยความสะดวก ผู้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ และผู้ให้คำปรึกษา ครูต้องพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องทั้งด้านเนื้อหาวิชา การใช้เทคโนโลยี และวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัย เพื่อให้สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การขับเคลื่อนการเรียนการสอนฟิสิกส์ฐานสมรรถนะในยุคการศึกษา 5.0 ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งนักการศึกษา สถาบันการศึกษา ผู้กำหนดนโยบาย และภาคเอกชน ในการพัฒนาหลักสูตร การจัดหาทรัพยากร และเทคโนโลยี การพัฒนาครู และการสร้างระบบนิเวศการศึกษาที่เอื้อต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มีคุณภาพตามแนวทางที่นำเสนอ เราจะสามารถสร้างผู้เรียนที่มีความรู้ความเข้าใจในวิชาฟิสิกส์อย่างแท้จริง มีสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการทำงาน มีทักษะในการแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ และมีจิตสำนึกในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประโยชน์ของสังคมและความยั่งยืนของโลก ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพและความสำเร็จของประเทศในยุค Thailand 5.0 ต่อไป

Journal of Modern Management
Shinawatra University
Vol. 4 No. 1 January – March 2026

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2565). กรอบหลักสูตรฐานสมรรถนะการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

ประจักษ์ คณาสวัสดิ์. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบใช้สมรรถนะเป็นฐาน. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 13(1), 21–35.

พงศธร กิตติวรานันท์. (2563). การพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนในวิชาฟิสิกส์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ. วารสารวิทยาศาสตร์ศึกษา, 41(2), 55–70.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฐานสมรรถนะ. กรุงเทพฯ: สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). การเรียนการสอนฟิสิกส์. https://www.ipst.ac.th/physics

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2568). การเรียนรู้ฐานสมรรถนะ. https://backoffice.onec.go.th

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2568). แนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการจัดการศึกษา. กรุงเทพฯ: สกศ.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2561). หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนฟิสิกส์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Ahern, T. C., & Dowling, M. (2021). Competency-based education: A review of the literature. Journal of Learning Design, 14(2), 35–52.

Al-Emran, M.,Malik, S. I.,& Al-Kabi, M. N. (2020). Internet of Things in education: A systematic review. Educational Technology & Society, 23(1), 1–12.

Bybee, R. W. (2020). The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments. NSTA Press.

CBE Thailand. (2024). หลักสูตรฐานสมรรถนะ. https://cbethailand.com

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). Artificial intelligence in education: Promise and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Krajcik, J., & Delen, I. (2020). Engaging students in STEM education. Science Education, 104(2), 213–215.

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis.Educational Psychology Review, 33(3), 937–972.

Mulder, M. (2022). Competence-based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education. Springer.

Nur, H. R., Arifin, Z., Soeryanto, S., & Mutohhari, F. (2023). Society 5.0 competency: Readiness level of teachers and students in automotive engineering vocational school. AIP Conference Proceedings. https://doi.org/10.1063/5.0113584

OECD. (2021). Beyond academic learning: First results from the survey of social and emotional skills.OECD Publishing.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic reviewof immersive irtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education, 147, 103778.

Siemens, G., & Baker, R. S. (2021). Learning analytics and educational data mining. In R. K. Sawyer (Ed.), The Cambridge handbook of the learning sciences (2nd ed., pp. 252–272).Cambridge University Press.

Starfish Labz. (2024).การศึกษาฐานสมรรถนะ.https://www.starfishlabz.com

UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO Publishing.

Vieira, E. L. (2024). Engineering education in industry 5.0: Competency development and learning environment strategies - A systematic review. ASEAN Journal of Engineering Education.

4lifelonglearning.(2024).Competencybasededucation(CBE).https://www.4lifelonglearning.org/competency-based-education