

กรอบแนวคิดการบูรณาการการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนานวัตกรรม
ที่มีความคิดสร้างสรรค์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

A Conceptual Framework for Integrating Science Teaching to
Develop Creative Innovators in Basic Education

พฤติवास ลับภู^{1*} พุดมพงศ์ พงษ์จรัสจิระเดช² และวุฒิชัย ไพคำนาม³

^{1*,2,3}โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา ประเทศไทย

Phruetiwas Labphoo^{1*}, Puttipong Phongjaratjiradet² and Wuttichai Phaikhannarm³

^{1*,2,3}Khon Kaen University Demonstration Elementary School, Thailand

*E-mail: phruetila@kku.ac.th

Received: 09-10-2025

Revised: 10-02-2026

Accepted: 10-02-2026

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกรอบแนวคิดในการบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ โดยวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ 4 รูปแบบ ได้แก่ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบ STEM กับกระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม บทความสังเคราะห์กรอบแนวคิดซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ คุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ กระบวนการพัฒนานวัตกรรม และบริบทที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม พร้อมนำเสนอแนวทางการบูรณาการและตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ โดยเฉพาะระดับประถมศึกษา กรอบแนวคิดนี้จะช่วยให้ครูและผู้เกี่ยวข้องสามารถออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การบูรณาการการสอนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรมการศึกษา การพัฒนานวัตกรรม กระบวนการคิดเชิงออกแบบ

Abstract

This article presents a conceptual framework for integrating science teaching models with the development of students as creative innovators by analyzing the connections between four effective science teaching approaches: inquiry-based learning, problem-based learning, science project-based learning, and STEM education, with processes for developing creativity and innovation.

The article synthesizes a framework consisting of three main components: characteristics of creative innovators, innovation development processes, and contexts that foster innovator development. It also presents integration approaches and examples of learning activity designs that can be applied to science instruction at various educational levels, with a particular focus on elementary education. This framework will help teachers and educational stakeholders design and develop science learning experiences that effectively promote both scientific knowledge and concrete innovation capabilities among students.

Keywords: Science Teaching Integration, Creativity, Educational Innovation, Innovator Development, Design Thinking

1. บทนำ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมได้กลายเป็นทักษะสำคัญที่สถานศึกษาทั่วโลกพยายามบ่มเพาะให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน (UNESCO, 2020) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทยก็ได้กำหนดให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรมเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (Ministry of Education, 2017)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ยังมีข้อจำกัดหลายประการ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในไทยยังเน้นการถ่ายทอดเนื้อหา มากกว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด และขาดการเชื่อมโยงความรู้กับการสร้างนวัตกรรมอย่างชัดเจน (Siribhattacharai, 2013) ผลการประเมิน PISA 2022 ยืนยันว่านักเรียนไทยมีผลสัมฤทธิ์ด้านวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (OECD, 2023) สะท้อนช่องว่างระหว่างนโยบายกับการปฏิบัติ แม้จะมีการนำรูปแบบการสอนที่ทันสมัยมาใช้ เช่น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบ STEM และการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน แต่ครูยังขาดกรอบแนวคิดที่ชัดเจนในการบูรณาการทั้งเป้าหมายด้านความรู้ วิทยาศาสตร์และการพัฒนาคุณลักษณะนวัตกรรม

บทความนี้จึงนำเสนอกรอบแนวคิดการบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ โดยวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ 4 รูปแบบกับกระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไม่ได้เกิดจากความบังเอิญ แต่เป็นทักษะที่สามารถพัฒนาได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม (Dyer et al., 2011; Kelley & Knowles, 2016; Henriksen et al., 2020)

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการหลัก คือ 1) วิเคราะห์และสังเคราะห์รูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพและกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ 2) นำเสนอแนวทางการบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระบบ และ 3) เสนอตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นแนวทางให้ครูนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

2. รูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนวิทยาศาสตร์มีรูปแบบหลากหลาย งานวิจัยยืนยันว่าการเปลี่ยนจากการสอนแบบบรรยายไปสู่รูปแบบที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์และทักษะการคิดขั้นสูง (Aydeniz & Kaya, 2022; Conradty et al., 2020) บทความนี้นำเสนอ 4 รูปแบบที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการบูรณาการกับการพัฒนานวัตกรรมโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)

เป็นรูปแบบที่ให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการตั้งคำถาม การสังเกต การทดลอง และการสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานหลักฐาน (NRC, 2000) รูปแบบการสอน 5E ของ Bybee (2009) ประกอบด้วย: 1) การสร้างความสนใจ 2) การสำรวจและค้นหา 3) การอธิบายและลงข้อสรุป 4) การขยายความรู้ และ 5) การประเมินผล รูปแบบนี้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนานวัตกรรม (Abd-El-Khalick et al., 2015)

2.2 รูปแบบการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มต้นด้วยปัญหาที่มีความหมายและเกี่ยวข้องกับบริบทจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (Hmelo-Silver, 2004) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน: 1) การนำเสนอปัญหา 2) การวิเคราะห์ปัญหา 3) การรวบรวมข้อมูล 4) การสังเคราะห์ความรู้ และ 5) การเสนอแนวทางแก้ปัญหา รูปแบบนี้ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาซับซ้อน (Savery, 2015)

2.3 รูปแบบการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ (Science Project-Based Learning)

การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์เน้นให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบในประเด็นที่สนใจ (Krajcik & Blumenfeld, 2006) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน: 1) การเลือกหัวข้อ 2) การวางแผน 3) การดำเนินการ 4) การสรุปผล และ 5) การนำเสนอ รูปแบบนี้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความรับผิดชอบ (Hasni et al., 2016)

2.4 รูปแบบการสอนแบบ STEM Education

STEM Education เป็นรูปแบบการสอนที่บูรณาการความรู้จาก 4 สาขา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน: 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิด 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอ รูปแบบนี้ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ และความเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์ (Thibaut et al., 2018)

2.5 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนวิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบการสอนมีจุดเน้นและประโยชน์ที่แตกต่างกัน ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ ในด้านจุดเน้น กระบวนการหลัก และประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์

รูปแบบการสอน	จุดเน้น	กระบวนการหลัก	ประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน
การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	การค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การตั้งคำถาม การสำรวจ การอธิบาย การขยายความรู้ และการประเมินผล	พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน	การแก้ปัญหาที่มีความหมายและเกี่ยวข้องกับบริบทจริง	การวิเคราะห์ปัญหา การค้นคว้าข้อมูล การสังเคราะห์ความรู้ และการเสนอแนวทางแก้ปัญหา	พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน
การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์	การศึกษาค้นคว้าในประเด็นที่สนใจอย่างเป็นระบบ	การเลือกหัวข้อ การวางแผน การดำเนินการ การสรุปผล และการนำเสนอ	พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และความรับผิดชอบ
การสอนแบบ STEM	การบูรณาการความรู้จากหลายศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิด การออกแบบและพัฒนา การทดสอบ และการนำเสนอ	พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และความเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ รูปแบบการสอนทั้ง 4 รูปแบบมีจุดร่วมคือ การเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง และการเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ แต่ทั้งนี้ยังจำเป็นต้องมีกรอบแนวคิดที่ชัดเจนเกี่ยวกับคุณลักษณะ กระบวนการ และบริบทที่เอื้อต่อการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

3. กรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยกรอบแนวคิดที่ชัดเจนและเป็นระบบ บทความนี้สังเคราะห์กรอบแนวคิดจากแนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

3.1 แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมและนวัตกรรม

นวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม (National Innovation Agency, 2019) นวัตกรรมเป็นผลจากความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับการพัฒนานำไปใช้ประโยชน์ได้จริง นวัตกรรม คือ ผู้ที่สามารถสร้างนวัตกรรม โดยมีทักษะสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ การเชื่อมโยงความคิด การตั้งคำถาม การสังเกต การสร้างเครือข่าย และการทดลอง (Dyer et al., 2011)

3.2 แนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นความสามารถในการคิดและสร้างสิ่งใหม่ที่มีคุณค่า Guilford (1967) ได้อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวข้องกับการคิดแบบนอกเนกนัย ซึ่งเป็นการคิดหลากหลายทิศทาง หลากแง่มุม และหลายคำตอบ ในขณะที่ Torrance (1965) ได้เสนอองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ประการ ได้แก่ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ในช่วงทศวรรษหลัง แนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม โดย Sternberg และ Karami (2022) ได้เสนอกรอบแนวคิด 8P ที่ครอบคลุมมิติของความคิดสร้างสรรค์อย่างรอบด้าน ได้แก่ Person, Process, Product, Press, Persuasion, Potential, Place, และ Problem

Kaufman และ Beghetto (2009) ได้เสนอแบบจำลอง “Four C Model of Creativity” ซึ่งแบ่งระดับความคิดสร้างสรรค์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) Big-C Creativity: ความคิดสร้างสรรค์ระดับสูงที่สร้างการเปลี่ยนแปลงสำคัญในวงการหรือสังคม 2) Pro-C Creativity: ความคิดสร้างสรรค์ระดับมืออาชีพที่พบในผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ 3) Little-c Creativity: ความคิดสร้างสรรค์ในชีวิตประจำวันที่ช่วยแก้ปัญหาหรือปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ และ 4) Mini-c Creativity: ความคิดสร้างสรรค์ในกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการตีความและสร้างความเข้าใจใหม่ แบบจำลองนี้ชี้ให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ตั้งแต่ระดับพื้นฐาน (Mini-c) ไปสู่ระดับที่สูงขึ้น โดยอาศัยการเรียนรู้และฝึกฝนอย่างเหมาะสม

3.3 กระบวนการพัฒนานวัตกรรมและการคิดเชิงออกแบบ

การพัฒนานวัตกรรมเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนเป็นระบบ แนวคิดสำคัญที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางคือ “กระบวนการคิดเชิงออกแบบ” (Design Thinking) ซึ่งพัฒนาโดย Stanford d.school และบริษัท IDEO กระบวนการนี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาโดยยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลางและการสร้างนวัตกรรมที่ตอบสนองความต้องการที่แท้จริง (Brown, 2008) กระบวนการคิดเชิงออกแบบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเข้าใจอย่างลึกซึ้ง (Empathize) 2) การกำหนดปัญหา (Define) 3) การระดมความคิด (Ideate) 4) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และ 5) การทดสอบ (Test) นอกจากนี้ ในบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ก็มีความสำคัญ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับกระบวนการคิดเชิงออกแบบ แต่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม (Next Generation Science Standards, 2013)

3.4 สังเคราะห์กรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

จากการศึกษาแนวคิดข้างต้น ผู้เขียนได้สังเคราะห์กรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) คุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ 2) กระบวนการ พัฒนานวัตกรรม และ 3) บริบทที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

3.4.1 คุณลักษณะของนวัตกรรม ประกอบด้วย 3 ด้าน: 1) ความรู้และความเข้าใจ (ความรู้เชิงลึกในสาขาที่เกี่ยวข้อง การเข้าใจบริบทและความต้องการ การเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรม) 2) ทักษะและความสามารถ (การคิดนอกเนกนัย การคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ การเชื่อมโยงแนวคิดที่แตกต่าง การสื่อสารและทำงานร่วมกัน การลงมือปฏิบัติ) และ 3) ทศนคติและแรงจูงใจ (ความกล้าเสี่ยงและกล้าล้มเหลว ความอยากรู้ ความมุ่งมั่นและอดทน แรงบันดาลใจภายใน มุมมองเชิงบวก)

3.4.2 กระบวนการพัฒนานวัตกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน: 1) การสำรวจและทำความเข้าใจ 2) การกำหนดปัญหาหรือโจทย์ 3) การระดมความคิดและสร้างแนวคิด 4) การออกแบบและพัฒนาต้นแบบ 5) การทดสอบและประเมินผล และ 6) การปรับปรุงและพัฒนาต่อยอด

3.4.3 บริบทที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม ประกอบด้วย: 1) บรรยากาศที่ปลอดภัยและเปิดกว้าง 2) การสนับสนุนทรัพยากรและโอกาสในการเรียนรู้ 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับที่สร้างสรรค์ และ 4) การสร้างแรงบันดาลใจและแรงจูงใจ

กรอบแนวคิดนี้ให้ภาพรวมครอบคลุมทั้งคุณลักษณะที่ต้องพัฒนา กระบวนการที่ต้องผ่าน และบริบทที่ต้องสร้าง เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาเป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างแท้จริงซึ่งจะได้นำเสนอในหัวข้อถัดไป

4. การบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

การบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนให้มีทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ส่วนนี้นำเสนอแนวทางการบูรณาการและความเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบการสอนกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

4.1 หลักการบูรณาการ

การบูรณาการควรยึดหลักการสำคัญ 5 ประการ คือ 1) ความสอดคล้องของเป้าหมาย: ครอบคลุมทั้งความรู้วิทยาศาสตร์และคุณลักษณะนวัตกรรม 2) การผสมผสานกระบวนการ: ผสานขั้นตอนการสอนกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมอย่างกลมกลืน 3) ความต่อเนื่องและเชื่อมโยง: เริ่มจากพื้นฐานไปสู่การประยุกต์ใช้ 4) ความยืดหยุ่นและปรับตัว: ปรับให้เหมาะกับบริบทและความต้องการผู้เรียน และ 5) การสร้างบริบทที่เอื้อต่อการพัฒนา: ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้จากความผิดพลาดเพื่อให้เห็นภาพความเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมอย่างชัดเจน ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนของแต่ละรูปแบบการสอนกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม 6 ขั้นตอน พร้อมทั้งระบุคุณลักษณะของนวัตกรรมที่ได้รับการพัฒนาในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 2: การเชื่อมโยงรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

กระบวนการพัฒนานวัตกรรม (6 ขั้นตอน)	การสอนแบบสืบเสาะฯ (5E Model)	การสอนแบบใช้ปัญหา (PBL)	การสอนแบบโครงงานฯ	การสอนแบบ STEM
1. สำรวจและทำความเข้าใจ คุณลักษณะที่พัฒนา:	Engagement - ความอยากรู้ - การตั้งคำถาม	การนำเสนอปัญหา - การคิดวิเคราะห์ - การระบุประเด็นสำคัญ	การเลือกหัวข้อ - ความรับผิดชอบ - การตัดสินใจ	การระบุปัญหา - การมองภาพรวม - ความเข้าใจบริบทจริง
2. กำหนดปัญหา/โจทย์ คุณลักษณะที่พัฒนา:	Exploration - ทักษะการสังเกต - การรวบรวมข้อมูล	การวิเคราะห์ปัญหา - ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ	การวางแผน - ทักษะการวางแผน - การกำหนดขอบเขต	การค้นหาแนวคิด - การบูรณาการความรู้ - การคิดแบบสหวิทยาการ

กระบวนการพัฒนานวัตกรรม (6 ขั้นตอน)	การสอนแบบสืบเสาะฯ (5E Model)	การสอนแบบใช้ปัญหา (PBL)	การสอนแบบโครงงานฯ	การสอนแบบ STEM
3. ระดมความคิดและสร้างแนวคิด (ออกแบบวิธีการ) คุณลักษณะที่พัฒนา:	Explanation - การคิดสังเคราะห์ - การสร้างคำอธิบาย	การสังเคราะห์ความรู้ - ความคิดสร้างสรรค์ - การเชื่อมโยงความรู้	การดำเนินการ (1) - การคิดนอกกรอบ - ความยืดหยุ่น	การวางแผนและพัฒนา - การคิดเชิงออกแบบ - การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
4. ออกแบบและพัฒนาต้นแบบ คุณลักษณะที่พัฒนา:	Elaboration - การประยุกต์ใช้ - การถ่ายทอดความรู้	การเสนอแนวทางแก้ไข - ทักษะการนำเสนอ - การสื่อสาร	การดำเนินการ(2) - ทักษะการปฏิบัติ - ความพากเพียร	การทดสอบและประเมินผล - การทดลอง - การประเมินผลอย่างเป็นระบบ
5. ทดสอบและประเมินผล คุณลักษณะที่พัฒนา:	Evaluation - การคิดไตร่ตรอง - การประเมินตนเอง	การประเมินผลลัพธ์ - การคิดเชิงวิพากษ์ - ความซื่อสัตย์	การสรุปผล - การคิดวิเคราะห์ - ความซื่อสัตย์ทางวิชาการ	การนำเสนอ - การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ - การให้เหตุผล
6. ปรับปรุงและพัฒนาต่อยอด คุณลักษณะที่พัฒนา:	(กลับไปรอบใหม่) - การเรียนรู้ต่อเนื่อง - ความอดทน	(ปรับปรุงแนวทาง) - ความยืดหยุ่น - การรับฟังข้อมูลย้อนกลับ	การนำเสนอ และข้อเสนอแนะ - ความมุ่งมั่น - การเรียนรู้จากผิดพลาด	วนรอบปรับปรุง - การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง - การปรับตัว

หมายเหตุ: ขั้นตอนที่อยู่ในวงเล็บ () หมายถึง ขั้นตอนที่ไม่ได้ระบุชัดเจนในรูปแบบเดิม แต่สามารถบูรณาการเข้าไปได้

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบการสอนทั้ง 4 รูปแบบสามารถครอบคลุมกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทั้ง 6 ขั้นตอนได้ แต่มีจุดเน้นแตกต่างกัน การนำรูปแบบเดียวมาใช้อาจไม่เพียงพอต่อการพัฒนาคุณลักษณะนวัตกรรมอย่างครบถ้วน แต่ควรผสมผสานตามความเหมาะสมของเนื้อหาและเป้าหมายซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาคุณลักษณะของนวัตกรรมอย่างรอบด้านและสมดุลดังแนวทางการบูรณาการที่จะนำเสนอในข้อต่อไป

4.2 แนวทางการบูรณาการแต่ละรูปแบบ

4.2.1 การบูรณาการการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้: เชื่อมโยงขั้นตอน 5E กับการพัฒนานวัตกรรม โดยขั้นสร้างความสนใจนำเสนอปัญหาที่ต้องการนวัตกรรมมาแก้ไข ขั้นสำรวจให้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอย่างลึกซึ้ง ขั้นอธิบายให้วิเคราะห์และกำหนดปัญหาชัดเจน ขั้นขยายความรู้ให้ระดมความคิดและสร้างแนวคิด และขั้นประเมินให้ประเมินและเลือกแนวคิดที่เป็นไปได้

4.2.2 การบูรณาการการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน: นำเสนอปัญหาที่ซับซ้อนและมีคำตอบหลากหลาย ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมข้อมูล สังเคราะห์ความรู้ และเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การสำรวจจนถึงการพัฒนาต้นแบบ

4.2.3 การบูรณาการการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนเลือกหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตจริง วางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบ สรุปผลและนำเสนอ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมทั้งหมด

4.2.4 การบูรณาการการสอนแบบ STEM กับการพัฒนานวัตกรรมบูรณาการความรู้จากหลายศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนระบุปัญหา ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนา ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งเน้น การสร้างนวัตกรรมที่ใช้ได้จริงจากแนวทางการบูรณาการทั้ง 4 รูปแบบที่นำเสนอข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละรูปแบบ การสอนวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมได้ในขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่สามารถนำมาผสมผสานกันได้อย่างลงตัว เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้นของการนำแนวทางเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการ เรียนรู้จริง ในหัวข้อถัดไปจะนำเสนอตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ผสมผสานรูปแบบการสอนทั้ง 4 รูปแบบเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นแนวทางให้ครูสามารถนำไปปรับใช้ในบริบทของตนเองได้

4.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

ตัวอย่างกิจกรรม “นวัตกรรมเพื่อการอนุรักษ์น้ำ” (ป.5): นำเสนอสถานการณ์การขาดแคลนน้ำใน ชุมชน ให้ผู้เรียนสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำและสาเหตุของการสูญเสีย น้ำ วิเคราะห์และอธิบายหลัก การทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ระดมความคิดออกแบบนวัตกรรมอนุรักษ์น้ำ และประเมินเลือกแนวคิดที่เป็นไปได้ มากที่สุด

ตัวอย่างกิจกรรม “นวัตกรรมเพื่อลดขยะ” (ป.6): นำเสนอปัญหาขยะในชุมชน ให้วิเคราะห์และศึกษา ประเภทขยะ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาวะเรือนกระจก แนวทางจัดการปัจจุบัน จากนั้นระดมความคิดพัฒนา นวัตกรรมลดขยะ ทดลองใช้และประเมินผลในสถานการณ์จริง

ตัวอย่างกิจกรรม “ระบบเกษตรอัจฉริยะ” (STEM): ศึกษาปัญหาการเกษตรในท้องถิ่น ออกแบบและ พัฒนาระบบที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์และการควบคุมอัตโนมัติ ทดสอบในสภาพจริง ปรับปรุง และนำเสนอต่อชุมชน

แนวทางการบูรณาการที่นำเสนอแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกับ กระบวนการพัฒนานวัตกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม และสามารถผสมผสานกันเพื่อพัฒนาคุณลักษณะนวัตกรรมอย่าง ครบถ้วน

4.4 ปัจจัยสู่ความสำเร็จในการบูรณาการ

การบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ ให้ประสบความสำเร็จ ต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ดังนี้

4.4.1 ครูผู้สอน: ต้องมีความเข้าใจทั้งเนื้อหาและกระบวนการพัฒนานวัตกรรม และมีบทบาทเป็นผู้ อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

4.4.2 ทรัพยากรและสิ่งสนับสนุน: ต้องมีวัสดุอุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เพียงพอสำหรับการพัฒนา นวัตกรรม

4.4.3 การวัดและประเมินผล: ต้องมีเกณฑ์การประเมินที่ครอบคลุมและใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย

4.4.4 การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ: ควรสร้างความร่วมมือเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และการพัฒนา นวัตกรรม

4.4.5 การสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้: ต้องสร้างบรรยากาศและวัฒนธรรมที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอแนวทางการบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

5.1 สรุปประเด็นสำคัญ

บทความวิเคราะห์รูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ 4 รูปแบบ (การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบ STEM) แต่ละรูปแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะร่วมคือการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง กรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่สังเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก: 1) คุณลักษณะของนวัตกรรม (ความรู้และความเข้าใจ ทักษะและความสามารถ ทศนคติและแรงจูงใจ) 2) กระบวนการพัฒนานวัตกรรม 6 ขั้นตอน และ 3) บริบทที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม แนวทางการบูรณาการเชื่อมโยงจุดเด่นของแต่ละรูปแบบการสอนกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม พร้อมตัวอย่างกิจกรรมที่เป็นรูปธรรม แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสอนสามารถผสมผสานกันเพื่อพัฒนาคุณลักษณะนวัตกรรมอย่างครบถ้วน

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

5.2.1 สำหรับครูและสถานศึกษา ควรพัฒนาครูให้มีความรู้ความเข้าใจทั้งเนื้อหาวิทยาศาสตร์และกระบวนการพัฒนานวัตกรรม จัดสภาพแวดล้อมและทรัพยากรที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ปรับหลักสูตรให้มีความยืดหยุ่น และพัฒนาระบบประเมินผลที่ครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะนวัตกรรม

5.2.2 สำหรับการวิจัย ควรมีการวิจัยเชิงประสิทธิผลเพื่อทดสอบกรอบแนวคิดในชั้นเรียนจริง การวิจัยเชิงพัฒนาเพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทต่างๆ การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการขยายผล และการวิจัยในบริบทเฉพาะเพื่อส่งเสริมความเท่าเทียม

5.3 ข้อจำกัดของการศึกษา

บทความนี้เป็นการสังเคราะห์ทางทฤษฎีที่ยังไม่ได้ผ่านการทดลองใช้ในชั้นเรียนจริง ตัวอย่างกิจกรรมยังไม่ได้ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ และมุ่งเน้นระดับประถมศึกษาเป็นหลัก ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยต่อเนื่อง โดยเฉพาะการวิจัยเชิงทดลองและการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิผลของกรอบแนวคิด

5.4 บทส่งท้าย

การบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคมในศตวรรษที่ 21 การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมไม่ใช่เพียงการปรับวิธีการสอน แต่เป็นการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน การศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งพัฒนานวัตกรรมจะช่วยเสริมสร้างศักยภาพผู้เรียนในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมที่ตอบสนองความท้าทายในปัจจุบันและอนาคต เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความสามารถในการแข่งขันและการพัฒนาที่ยั่งยืน ด้วยเหตุนี้ การบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมจึงเป็นประเด็นที่ควรได้รับความสนใจและการขับเคลื่อนอย่างจริงจังในวงการการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก: เครื่องมือประเมินคุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

บทความนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดการสร้างนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ด้าน เพื่อให้ครูสามารถนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ภาคผนวกนี้นำเสนอเครื่องมือประเมิน (Rubric) ที่ครูสามารถนำไปใช้หรือปรับใช้ได้ตามบริบท

ตารางที่ 3: Rubric การประเมินคุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์

คุณลักษณะ	ระดับ 1 (เริ่มต้น)	ระดับ 2 (กำลังพัฒนา)	ระดับ 3 (ใกล้บรรลุ)	ระดับ 4 (เป็นเลิศ)
ด้านที่ 1: ความรู้และความเข้าใจ				
1.1 ความรู้เชิงลึกในสาขาที่เกี่ยวข้อง	มีความรู้พื้นฐานเท่านั้น ไม่สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้	มีความรู้ในระดับที่สามารถอธิบายแนวคิดสำคัญได้ แต่ยังไม่ลึกซึ้ง	มีความรู้เชิงลึก สามารถอธิบายและวิเคราะห์แนวคิดได้ชัดเจน	มีความรู้เชิงลึกและกว้าง สามารถเชื่อมโยงความรู้จากหลายศาสตร์และประยุกต์ใช้ได้
1.2 การเข้าใจบริบทและความต้องการ	มีความเข้าใจพื้นฐานของปัญหา แต่ยังไม่เข้าใจความต้องการที่แท้จริง	เข้าใจบริบทในระดับทั่วไป สามารถระบุความต้องการหลักได้	เข้าใจบริบทและความต้องการได้ดี สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	เข้าใจบริบทอย่างลึกซึ้ง สามารถคาดการณ์ความต้องการในอนาคต และระบุโอกาสใหม่ได้
1.3 ความเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรม	มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรม	เข้าใจขั้นตอนพื้นฐานของการพัฒนานวัตกรรม	เข้าใจกระบวนการอย่างชัดเจน สามารถดำเนินการตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ	เข้าใจกระบวนการอย่างลึกซึ้ง สามารถปรับกระบวนการให้เหมาะสมกับบริบทได้
ด้านที่ 2: ทักษะและความสามารถ				
2.1 ความสามารถในการคิดนอกกรอบ (Divergent Thinking)	คิดได้เพียงทิศทางเดียวหรือจำกัดมาก	สามารถคิดหลายทิศทางได้บ้าง แต่ยังไม่หลากหลาย	คิดได้หลากหลายและแปลกใหม่สามารถสร้างทางเลือกหลายอย่าง	คิดได้หลากหลายมาก มีความคิดริเริ่มสร้างความคิดที่แหวกแนวและมีคุณค่า
2.2 การคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์	วิเคราะห์ได้ในระดับพื้นฐาน แยกส่วนได้บ้าง แต่ยังไม่เชื่อมโยงได้	วิเคราะห์ได้พอสมควร สามารถแยกส่วนและเชื่อมโยงได้บางส่วน	วิเคราะห์ได้ดีสามารถเชื่อมโยงและสังเคราะห์ได้ชัดเจน	วิเคราะห์ได้ลึกซึ้ง สามารถสังเคราะห์ความรู้ใหม่ได้อย่างสร้างสรรค์
2.3 การเชื่อมโยงแนวคิดที่แตกต่าง	มองเห็นเฉพาะความคิดแบบเดียวหรือคล้ายกัน	เริ่มเห็นความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดที่ใกล้เคียงกันได้	เชื่อมโยงแนวคิดที่แตกต่างได้ดีสร้างความหมายใหม่ได้	เชื่อมโยงแนวคิดที่แตกต่างได้อย่างสร้างสรรค์ สร้างนวัตกรรมที่ไม่เคยมี

คุณลักษณะ	ระดับ 1 (เริ่มต้น)	ระดับ 2 (กำลังพัฒนา)	ระดับ 3 (ใกล้บรรลุ)	ระดับ 4 (เป็นเลิศ)
2.4 การสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่น	ทำงานเดี่ยวได้ดีกว่าสื่อสารได้ไม่ชัดเจน	ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สื่อสารได้พอสมควร	ทำงานร่วมกันได้ดีสื่อสารชัดเจนแลกเปลี่ยนได้ดี	เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีสื่อสารได้ยอดเยี่ยมสร้างพลังทีมได้
2.5 การลงมือปฏิบัติและพัฒนาต้นแบบ	ยังลังเลในการลงมือต้องการกำลังใจมากต้นแบบยังไม่ชัดเจน	ลงมือทำได้ แต่ต้องมีการกระตุ้นบ้างต้นแบบใช้งานได้	ลงมือทำได้คล่องพัฒนาต้นแบบที่ใช้งานได้ดี	ลงมือทำได้รวดเร็วพัฒนาต้นแบบที่มีคุณภาพสูงนำไปใช้ได้จริง
ด้านที่ 3: ทักษะคิดและแรงจูงใจ				
3.1 ความกล้าเสี่ยงและกล้าล้มเหลว	กลัวความผิดพลาดไม่กล้าลองสิ่งใหม่หลีกเลี่ยงความท้าทาย	ยอมรับความเสี่ยงเมื่อมีการสนับสนุนยอมรับความล้มเหลวได้บ้าง	กล้าเสี่ยงและลองสิ่งใหม่ได้ เรียนรู้จากความล้มเหลว	กล้าเสี่ยงอย่างมีวิจารณญาณ มองความล้มเหลวเป็นโอกาสเรียนรู้ที่มีค่า
3.2 ความอยากรู้อยากเห็นและการเปิดรับประสบการณ์ใหม่	มีความอยากรู้น้อยด้านทาส่งใหม่พอใจกับสิ่งที่รู้อยู่	มีความอยากรู้เปิดรับประสบการณ์ใหม่ได้เมื่อมีโอกาส	มีความอยากรู้สูงแสวงหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง เปิดรับมุมมองหลากหลาย	มีความอยากรู้ที่แรงกล้า แสวงหาความท้าทายใหม่อยู่เสมอสร้างโอกาสเอง
3.3 ความมุ่งมั่นและอดทนต่อความยากลำบาก	ยอมแพ้ง่ายเมื่อเจออุปสรรค ขาดความอดทน	พยายามต่อเนื่องแต่อาจท้อถอยยากเกินไป	มีความมุ่งมั่นสูงอดทนต่ออุปสรรคแก้ปัญหาได้ดี	มีความมุ่งมั่นและอดทนสูงมาก ฝ่าฟันอุปสรรคได้ สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้อื่น
3.4 แรงบันดาลใจและแรงจูงใจภายใน	ทำเพราะถูกบังคับหรือเพื่อคะแนน ไม่มีแรงจูงใจภายใน	มีแรงจูงใจภายนอกเป็นหลัก มีแรงจูงใจภายในเริ่มเกิดขึ้น	มีแรงจูงใจภายในบางส่วนทำเพราะสนใจและเห็นคุณค่า	มีแรงจูงใจภายในสูงทำเพราะรักในสิ่งที่ทำมีวิสัยทัศน์ชัดเจน
3.5 มุมมองเชิงบวกต่อปัญหาและความท้าทาย	มองปัญหาเป็นภาระหลีกเลี่ยงความท้าทาย ท้อแท้ง่าย	เริ่มมองปัญหาเป็นโอกาสได้บ้าง ยังท้อบ้างเมื่อเจอลิงยากมาก	มองปัญหาเป็นโอกาสรับมือกับความท้าทายได้ดี มองโลกในแง่ดี	มองทุกสถานการณ์เป็นโอกาสในการเรียนรู้และพัฒนา สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้อื่น

วิธีการใช้ Rubric นี้:

1. การประเมินรายบุคคล: ครูสังเกตและประเมินผู้เรียนแต่ละคนในแต่ละคุณลักษณะ โดยให้คะแนน 1-4 ตามเกณฑ์
2. การประเมินตามช่วงเวลา: แนะนำให้ประเมิน 3 ครั้ง - ต้นภาคเรียน กลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน เพื่อติดตามการพัฒนา
3. การให้ข้อมูลย้อนกลับ: ใช้ Rubric นี้ในการสนทนากับผู้เรียนเกี่ยวกับจุดแข็งและสิ่งที่ต้องพัฒนา
4. การปรับใช้: ครูสามารถเลือกใช้เฉพาะคุณลักษณะบางข้อ หรือปรับเกณฑ์ให้เหมาะสมกับระดับชั้นและบริบท

ภาคผนวก ข: คู่มือการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสำหรับครู

ข.1 การวางแผนการสอน (Lesson Planning)

ขั้นตอนที่ 1: วิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด

- ☐ ระบุมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา
- ☐ เชื่อมโยงกับคุณลักษณะของนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา (จากภาคผนวก ก)
- ☐ กำหนดสัดส่วน: ความรู้วิทยาศาสตร์ 40% ทักษะกระบวนการ 30% คุณลักษณะนวัตกรรม 30%

ขั้นตอนที่ 2: เลือกรูปแบบการสอนและกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

- ☐ ดูจากตารางที่ 2 (หัวข้อ 4.1) เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสม
- ☐ กำหนดว่าจะใช้รูปแบบเดียวหรือผสมผสาน
- ☐ เลือกขั้นตอนของกระบวนการพัฒนานวัตกรรมที่จะเน้น (ไม่จำเป็นต้องครบทั้ง 6 ขั้นตอนในบทเรียนเดียว)

ขั้นตอนที่ 3: ออกแบบปัญหาหรือสถานการณ์

เลือกปัญหาที่: เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน เชื่อมโยงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียน มีความท้าทายพอเหมาะสำหรับระดับชั้น สามารถแก้ไขได้หลายวิธี (Open-ended) มีโอกาสสร้างนวัตกรรมจริง

ตัวอย่างปัญหาที่ดี (ป.6): “โรงเรียนของเรามีขยะพลาสติกจำนวนมาก จะมีวิธีใดบ้างที่สามารถลดปริมาณขยะและนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ได้?”

ตัวอย่างปัญหาที่ไม่เหมาะสม: “อธิบายวงจรชีวิตของพลาสติก” (เป็นคำถามปิด มีคำตอบเดียว ไม่เปิดโอกาสสร้างนวัตกรรม)

ขั้นตอนที่ 4: เตรียมทรัพยากรและวัสดุ

- ☐ จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดลองและสร้างต้นแบบ
- ☐ จัดหาแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (หนังสือ เว็บไซต์ ผู้เชี่ยวชาญ)
- ☐ เตรียมพื้นที่สำหรับการทำงานกลุ่มและการสร้างต้นแบบ

ขั้นตอนที่ 5: กำหนดเกณฑ์การประเมิน

- ☐ ใช้ Rubric จากภาคผนวก ก หรือปรับให้เหมาะสม
- ☐ กำหนดสัดส่วนคะแนน: กระบวนการ 40% ผลผลิต 30% การไตร่ตรอง 30%
- ☐ สื่อสารเกณฑ์การประเมินให้ผู้เรียนทราบตั้งแต่เริ่มต้น

ข.2 การจัดการชั้นเรียน (Classroom Management)

ข.2.1 การจัดกลุ่ม:

- ☐ กลุ่มเล็ก (4-5 คน): เหมาะสำหรับการพัฒนานวัตกรรม
- ☐ หลักการจัดกลุ่ม: ผสมระดับความสามารถ (Heterogeneous) เพื่อให้มีการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน
- ☐ บทบาทในกลุ่ม:
 - Project Manager (ผู้ประสานงาน)
 - Researcher (ผู้ค้นคว้า)

- Designer (ผู้ออกแบบ)
- Presenter (ผู้นำเสนอ)
- Reflector (ผู้สะท้อนความคิด)

หมายเหตุ: ควรหมุนเวียนบทบาทในแต่ละโครงการ

ข.2.2 การจัดการเวลา:

- ☐ สัปดาห์ที่ 1-2: สำรวจและกำหนดปัญหา (20%)
- ☐ สัปดาห์ที่ 3-4: ระดมความคิดและออกแบบ (30%)
- ☐ สัปดาห์ที่ 5-6: พัฒนาต้นแบบ (30%)
- ☐ สัปดาห์ที่ 7: ทดสอบและปรับปรุง (10%)
- ☐ สัปดาห์ที่ 8: นำเสนอและสะท้อนความคิด (10%)

ข.2.3 เทคนิคการถามคำถาม: แทนที่จะบอกคำตอบ ให้ใช้คำถามกระตุ้นการคิด:

อย่าพูดว่า: “นี่ไม่ใช่วิธีที่ถูกต้อง ลองวิธีนี้แทน”

ควรถามว่า: “อะไรเป็นข้อดีและข้อจำกัดของวิธีที่เธอใช้? ถ้าลองทำแบบอื่นจะเกิดอะไรขึ้น?”

อย่าพูดว่า: “ความคิดนี้ใช้ไม่ได้”

ควรถามว่า: “ลองอธิบายให้ฟังหน่อยว่าความคิดนี้จะทำงานอย่างไร? มีอุปสรรคอะไรบ้าง?”

ข.2.4 การจัดการความขัดแย้งในกลุ่ม:

1. ให้ทุกคนในกลุ่มได้แสดงความคิดเห็น
2. ใช้หลัก “Yes, and...” แทน “No, but...”
3. โหวตเลือกแนวคิดโดยใช้เกณฑ์ที่ตกลงกันล่วงหน้า
4. หากแก้ไขไม่ได้ ครูเข้ามาเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ไม่ใช่ตัดสิน

ข.3 การให้ข้อมูลย้อนกลับที่สร้างสรรค์ (Constructive Feedback)

ข.3.1 หลัก 3S ในการให้ Feedback:

1. **Specific (เฉพาะเจาะจง)** เปลี่ยนจากคำชื่นชมว่า “ดีมาก” เป็นข้อความที่เฉพาะเจาะจง เช่น “การที่เธอใช้หลักการแรงลอยตัวในการออกแบบเพื่อช่วยให้เข้าใจได้ว่าทำไมมันลอยได้ดีมาก”
2. **Sincere (ซื่อสัตย์ด้วยน้ำเสียงที่เป็นมิตร)**
3. **Supportive (สนับสนุน)** หากมีข้อผิดพลาดไม่ควรตำหนิหรือกล่าวโทษ เช่น “ต้นแบบนี้ใช้ไม่ได้เลยเสียเวลา” แต่ควรเป็นการชี้ให้เห็นประโยชน์จากข้อผิดพลาด หรือการเรียนรู้โดยใช้ประโยคในเชิงสนับสนุนให้คิดต่อยอดหรือแก้ไข เช่น “ต้นแบบนี้ทำให้เราเรียนรู้ว่าวัสดุนี้ไม่เหมาะสม ลองคิดว่าจะใช้วัสดุอะไรแทนได้บ้าง”

ข.3.2 รูปแบบ Feedback Sandwich:

1. เริ่มต้นด้วยสิ่งที่ดี: “การออกแบบของเธอมีกิจกรรมสร้างสรรค์มาก”
2. ชี้สิ่งที่ต้องพัฒนา: “แต่ยังขาดการอธิบายว่าจะทำงานอย่างไร”
3. ปิดด้วยกำลังใจ: “ถ้าเพิ่มคำอธิบายเข้าไป จะทำให้คนอื่นเข้าใจได้ชัดเจนขึ้นแน่นอน”

บทสรุปภาคผนวก

ภาคผนวกทั้งหมดที่นำเสนอ เป็นเครื่องมือเสริมที่ช่วยให้ครูสามารถนำกรอบแนวคิดการบูรณาการรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์กับการพัฒนานวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์ไปใช้ในการปฏิบัติจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม เครื่องมือเหล่านี้ไม่ได้เป็นสูตรสำเร็จที่ต้องใช้ตามแต่เป็นแนวทางที่ครูสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทความพร้อม และความต้องการของผู้เรียน สิ่งสำคัญที่สุดคือการเริ่มต้น แม้จะเป็นการเริ่มต้นเล็ก ๆ การนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้จากประสบการณ์ และการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ จะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและเห็นผลอย่างแท้จริงในตัวผู้เรียน

บรรณานุกรม

- Abd-El-Khalick, F., Myers, J. Y., Summers, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh, N., Zeineddin, A. A., & Belarmino, J. (2015). A longitudinal analysis of the extent and manner of representations of nature of science in U.S. high school biology and physics textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 82–120. <https://doi.org/10.1002/tea.21339>
- Aydeniz, M., & Kaya, E. (2022). Exploring the role of argumentation in fostering middle school students' understanding of scientific inquiry and nature of science. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1089-1112. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2063945>
- Bailin, S., & Battersby, M. (2016). Fostering the virtues of inquiry. *Topoi*, 35(2), 367–374. <https://doi.org/10.1007/s11245-015-9307-6>
- Beghetto, R. A. (2016). Creative learning: A fresh look. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 6-23. <https://doi.org/10.1891/1945-8959.15.1.6>
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92. <https://readings.design/PDF/Tim%20Brown,%20Design%20Thinking.pdf>
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. BSCS. https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press. <https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB337Xweb.pdf>
- Conradty, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3), 70. <https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Craft, A., Chappell, K., & Twining, P. (2021). Possibilities and constraints on possibility thinking in creativity and education. *Education 3-13*, 49(4), 434-446. <https://doi.org/10.1080/03004279.2020.1867686>

- Cropley, D. (2015). *Creativity in engineering: Novel solutions to complex problems*. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18511-X>
- Davies, D., Jindal-Snape, D., Collier, C., Digby, R., Hay, P., & Howe, A. (2013). Creative learning environments in education-A systematic literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 8, 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.07.004>
- Dyer, J., Gregersen, H., & Christensen, C. M. (2011). *The innovator's DNA: Mastering the five skills of disruptive innovators*. Harvard Business Press.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill.
- Hasni, A., Bousadra, F., Belletête, V., Benabdallah, A., Nicole, M. C., & Dumais, N. (2016). Trends in Research on project-based science and technology teaching and learning at K-12 levels: A systematic review. *Studies in Science Education*, 52(2), 199–231. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1226573>
- Henriksen, D., Richardson, C., Shack, K. (2020). Mindfulness and creativity: Implications for thinking and learning. *Thinking Skills and Creativity*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100689>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1037/a0013688>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Ministry of Education. (2017). *Core curriculum indicators and learning standards for the science Learning area (Revised Edition B.E. 2560) based on the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand, Ltd. (ACFT) Printing Department. https://academic.obec.go.th/images/document/1580786506_d_1.pdf
- National Innovation Agency. (2019). *Definition of innovation*. <https://www.nia.or.th/frontend/bookshelf/zWf7zwTMcEWhl/62d3a82b0f129.pdf>
- Next Generation Science Standards. (2013). *Appendix I – Engineering design in the NGSS*. https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf

- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Patston, T. J., Copley, D. H., Marrone, R. L., & Kaufman, J. C. (2018). Teacher implicit beliefs of creativity: Is there an arts bias?. *Teaching and Teacher Education*, 75, 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.08.001>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. In A. Walker, H. Leary, C. Hmelo-Silver, & P. Ertmer (Eds.), *Essential readings in problem-based learning* (pp. 5–15). Purdue University Press.
- Sawyer, R. K. (2017). Teaching creativity in art and design studio classes: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 22, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.07.002>
- Siribhattacharai, P. (2013). STEM education and 21st century skills development. *Executive Journal*, 33(2), 49–56. <https://so01.tcithaijo.org/index.php/executivejournal/article/view/80766>
- Sternberg, R. J., & Karami, S. (2022). An 8P theoretical framework for understanding creativity and theories of creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 56(1), 55–78. <https://doi.org/10.1002/jocb.516>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), Article 2. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Torrance, E. P. (1965). Scientific views of creativity and factors affecting its growth. *Daedalus*, 94(3), 663–681. <http://www.jstor.org/stable/20026936>
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2023). *Future of jobs report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>
-