

การศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน
PhET ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

A STUDY OF ANALYTICAL THINKING ABILITY USING PROBLEM-BASED LEARNING WITH PHET
INTERACTIVE SIMULATIONS FOR GRADE 6 STUDENTS

ธนกฤต คำสนิท

Thanakrit Damsanit

สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

Curriculum and Instruction, Graduate School, Suratthani Rajabhat University

E-mail: tanakitzanoom@gmail.com

Received: 2025-09-01; Revised: 2025-11-28; Accepted: 2025-12-26

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET 2) ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และ 3) ประเมินระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 คน จากโรงเรียนบ้านเหมืองทวด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นโรงเรียนหนึ่งในเครือข่ายนาสารที่ผู้วิจัยเลือกแบบเจาะจง จากโรงเรียนในเครือข่ายนาสาร จากนั้นสุ่มนักเรียนด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET จำนวน 6 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 3) แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์จำนวน 5 ข้อ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และการทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์

ผลการวิจัยพบว่า

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ใน

ระดับสูง

3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.58$) โดยเฉพาะด้านความน่าสนใจของกิจกรรม ($\bar{X}=4.70$) และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้จริง ($\bar{X}=4.40$)

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และเพิ่มความพึงพอใจ

คำสำคัญ : ทักษะการคิดวิเคราะห์; รูปแบบการสอนใช้ปัญหาเป็นฐาน; โปรแกรมจำลองเสมือน PhET

Abstract

This research aims to 1) compare Grade 6 students' academic achievement concerning lessons about electricity before and after instructors use problem-based learning techniques with PhET virtual simulation program, 2) study the development of analytical thinking skills, and 3) assess the students' satisfaction with problem-based learning in which a PhET virtual simulation program is used. This assessment used an experimental research design. The sample group consisted of 20 Grade 6 students from Ban Muang Thuat School, Surat Thani Province, which is one of the schools in the Na Sarn network from which the researcher specifically selected. After selecting the school, the researcher selected students randomly using a simple random sampling method. The research instruments consisted of 1) 6 problem-based learning plans combined with PhET virtual simulation program, 2) an academic achievement test comprising 20 questions with 4 multiple choices, 3) an analytical thinking skill test with 5 questions, and 4) a student satisfaction questionnaire on problem-based learning and PhET virtual simulation program. Data were analyzed using basic statistics, including mean and t-test with group correlation.

The research results showed that 1) the academic achievement after the lesson was significantly higher than that before the lesson at the .05 level. 2) Students' analytical thinking skills were significantly improved with a high level of progress index. 3) Students' satisfaction with the overall learning management was at a high level ($= 4.58$), especially in terms of the interestingness of the activities ($=4.70$) and the ability to apply knowledge ($=4.40$). In conclusion, the problem-based learning management combined with PhET virtual simulation program was effective in promoting academic achievement and developing analytical thinking skills and increase satisfaction.

Keywords: Analytical thinking skills; Problem-based teaching model; PhET simulation program

บทนำ

การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในวงวิชาการและการปฏิบัติการสอน เนื่องจากเป็นทักษะที่สำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการพัฒนานวัตกรรม (World Economic Forum, 2020) อย่างไรก็ตาม รายงานผลการประเมิน PISA 2022 และ 2024 พบว่านักเรียนไทยยังคงมีจุดอ่อนด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ (OECD, 2024) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สสวท. (2563) ที่ระบุว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนไทยยังคงเน้นการบรรยายและการท่องจำมากกว่าการพัฒนาทักษะเชิงกระบวนการ ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง งานวิจัยที่ผ่านมาหลายชิ้น เช่น Hmelo-Silver (2004) และ Wieman & Perkins (2005) แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) ร่วมกับสื่อจำลองเสมือนจริง เช่น PhET สามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจในแนวคิดนามธรรมทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ แต่ในบริบทการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทยยังม้งานวิจัยเชิงลึกไม่มากพอ โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ควรวางรากฐานของการคิดขั้นสูง จึงเกิดเป็นช่องว่าง (research gap) ที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

พื้นที่วิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่โรงเรียนบ้านเหมืองทวด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็กในเครือข่ายนาสาร มีจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพียง 13 คน ในปีการศึกษา 2566 การสังเกตและสัมภาษณ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงได้ อีกทั้งผลสอบ O-NET ในช่วง 4 ปีที่ผ่านมามีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยประเทศอย่างต่อเนื่อง (สทศ., 2565) ผู้วิจัยมีประสบการณ์ตรงในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนดังกล่าว และพบว่านักเรียนขาดทั้งแรงจูงใจและความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับรายงานของ Ryan & Deci (2000) ที่ระบุว่าการขาดแรงจูงใจภายในส่งผลต่อการเรียนรู้โดยตรง งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการพัฒนา PBL และ PhET ส่วนใหญ่ยังเน้นในระดับมัธยมศึกษาและมหาวิทยาลัย (เช่น จารุวรรณ, 2564; Wieman et al., 2010) ดังนั้น การศึกษาบริบทโรงเรียนประถมในพื้นที่ชนบทจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อหาวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมและตอบโจทย์ความต้องการจริงของผู้เรียน

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม PhET 2) ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าว การวิจัยใช้รูปแบบการทดลอง (experimental design) กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 คน ที่สุ่มแบบเจาะจงจากโรงเรียนบ้านเหมืองทวด ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ร่วมกับ PhET แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบวัดทักษะ

การคิดวิเคราะห์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐานและการทดสอบที่แบบกลุ่มสัมพันธ์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การวิจัย

บทความวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม PhET เพื่อตรวจสอบผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจของนักเรียนระดับประถมศึกษา โครงสร้างของบทความประกอบด้วย การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พื้นที่และกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย ระเบียบวิธีวิจัย ผลการวิจัย และการอภิปรายผล โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาให้มีคุณภาพมากขึ้น ทั้งในเชิงวิชาการและการประยุกต์ใช้จริงในห้องเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้า ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ PBL ร่วมกับ PhET ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย PBL ร่วมกับ PhET
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ PBL ร่วมกับ PhET

การทบทวนวรรณกรรม

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL)

งานวิจัยจำนวนมากชี้ว่า PBL เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Barrows, 1986; Hmelo-Silver, 2004) เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม อย่างไรก็ตามงานวิจัยในประเทศไทย เช่น จารุวรรณ (2564) พบว่า การใช้ PBL ในระดับมัธยมศึกษาช่วยพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ได้จริง แต่ในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะในโรงเรียนขนาดเล็ก ยังมีงานวิจัยค่อนข้างจำกัด ซึ่งสะท้อนถึง ช่องว่างขององค์ความรู้ในการนำ PBL ไปใช้กับผู้เรียนระดับประถมศึกษาในบริบทท้องถิ่น

2. การใช้สื่อเสมือนจริง PhET Interactive Simulations

PhET Interactive Simulations ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย University of Colorado Boulder และถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วโลก โดยช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดนามธรรม เช่น ไฟฟ้า แม่เหล็ก หรือกลศาสตร์ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Wieman & Perkins, 2005; Wieman et al., 2010) งานวิจัยล่าสุด เช่น พิมพ์ชนก และคณะ (2565) พบว่าการใช้ PhET ควบคู่กับการเรียนรู้แบบโต้ตอบช่วยเพิ่มแรงจูงใจ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่รายงานของ OECD (2024) ชี้ว่าประเทศที่บูรณาการสื่อดิจิทัลกับการเรียนรู้เชิงกระบวนการมีแนวโน้มที่จะยกระดับทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังขาดการศึกษาเชิงประจักษ์ในกลุ่มนักเรียนประถมศึกษา ซึ่งถือเป็นช่วงวัยที่ควรวางรากฐานการคิดเชิงระบบและการแก้ปัญหา

3. ทักษะการคิดวิเคราะห์ในศตวรรษที่ 21

การคิดวิเคราะห์ถูกจัดให้เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่สุดของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (World Economic Forum, 2020) โดยมีรากฐานจาก Bloom's Taxonomy (Bloom, 1956) และแนวคิด Constructivism ของ Piaget (1970) และ Vygotsky (1978) ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง งานวิจัยของ Zohar & Dori (2003) แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากผลการสอบ PISA 2022–2024 (OECD, 2024) ชี้ว่านักเรียนไทยยังมีจุดอ่อนในด้านการคิดวิเคราะห์และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ แสดงให้เห็นถึง **ความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนากลยุทธ์การสอนที่ช่วยเสริมสร้างทักษะนี้ในระดับประถมศึกษา**

สรุปองค์ความรู้และช่องว่างการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า (1) PBL เป็นกลยุทธ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ แต่ยังมีงานวิจัยในระดับประถมศึกษาไม่มากนัก โดยเฉพาะในโรงเรียนชนบทขนาดเล็ก, (2) PhET เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เข้าใจง่ายขึ้นและเพิ่มแรงจูงใจ แต่การศึกษาในกลุ่มนักเรียนประถมไทยยังขาดแคลน และ (3) รายงาน PISA และงานวิจัยที่ผ่านมาเน้นย้ำว่า **ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไทยยังต่ำกว่ามาตรฐานนานาชาติ ดังนั้น ช่องว่างของความรู้** อยู่กับการบูรณาการ PBL และ PhET ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาในบริบทโรงเรียนชนบท งานวิจัยครั้งนี้จึงเข้ามาเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าการใช้รูปแบบนี้สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียนได้จริง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัย เชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) พื้นที่วิจัย คือ โรงเรียนบ้านเหมืองทวด อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็กในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุราษฎร์ธานี เขต 3

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านเหมืองทวด ปีการศึกษา 2567 จำนวน 13 คน (สถิติการลงทะเบียนนักเรียนของโรงเรียน, 2566)

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านเหมืองทวด จำนวน 20 คน ที่เลือกแบบเจาะจงจากเครือข่ายโรงเรียนบ้านนาสาร และสุ่มนักเรียนด้วยวิธีการ สุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมต่อการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ชนิด ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET จำนวน 6 แผน พัฒนาตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์นิยม (Constructivism: Piaget, 1970; Vygotsky, 1978) โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80–1.00

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้า เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ สร้างตามกรอบตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ., 2560) และ Bloom's Taxonomy (1956) ค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.87 ใช้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ พัฒนาตามแนวคิดการคิดวิเคราะห์ของ Bloom (1956) และ Ennis (1985) มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ได้ค่าเฉลี่ย 0.85 และมีค่าความเชื่อมั่น (inter-rater reliability) เท่ากับ 0.82

แบบสอบถามความพึงพอใจ ของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ร่วมกับ PhET เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) จำนวน 15 ข้อ ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ ความน่าสนใจของกิจกรรม ความเข้าใจในเนื้อหา และการนำไปใช้ในชีวิตจริง มีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.91

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองการจัดการเรียนรู้โดยใช้ PBL ร่วมกับโปรแกรม PhET เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (รวม 12 ชั่วโมงเรียน) ระหว่างเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณ: วิเคราะห์ด้วย สถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และ สถิติอ้างอิง ได้แก่ การทดสอบที่แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Sample t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้

ข้อมูลเชิงคุณภาพ: ใช้การวิเคราะห์เอกสาร บันทึกหลังการสอน และการสังเกตเชิงพฤติกรรม โดยนำข้อมูลมาสังเคราะห์แล้วเขียนบรรยายเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

ผลการวิจัย

1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม PhET

ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.85 และหลังเรียนเท่ากับ 16.50 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน แสดงถึงความก้าวหน้าด้านความรู้เนื้อหา “ไฟฟ้า” อย่างชัดเจนในกลุ่มตัวอย่าง 20 คนของโรงเรียนบ้านเหมืองทวด อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย PBL ผสาน PhET ตามแผนการสอน 6 แผน (ชั่วโมงเรียนรวม 12 ชั่วโมง)

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยก่อน-หลังมาคำนวณ ดัชนีความก้าวหน้า (Normalized gain; N-gain) ด้วยสูตร $(\text{Post-Pre})/(\text{Max-Pre})$ พบว่า $N\text{-gain} = (16.50 - 7.85)/(20 - 7.85) = 0.712$ จัดอยู่ในระดับ “สูง” สะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ช่วยยกระดับความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ใช่เพียงการเพิ่มคะแนนเชิงปริมาณ แต่เกิดความเข้าใจแนวคิดสำคัญที่สามารถประยุกต์ใช้กับโจทย์สถานการณ์ได้จริง ทั้งนี้ผลดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบออกแบบการสอนและเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่นตามที่ระบุในวิธีวิจัยของงานฉบับนี้

โดยสังเขป ผลตามวัตถุประสงค์ข้อนี้ชี้ชัดว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และมีความก้าวหน้าระดับสูง ($N\text{-gain} \approx 0.71$) ในบริบทโรงเรียนชนบทขนาดเล็กที่ใช้ PBL ร่วมกับ PhET เป็นแกนหลักของการจัดการเรียนรู้

2) ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

ผลการประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ (คะแนนเต็ม 15) พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน = 6.40 (S.D. = 1.95) และ หลังเรียน = 14.25 (S.D. = 2.05) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนว่า ผู้เรียนพัฒนาความสามารถด้านการให้เหตุผล การเชื่อมโยงแนวคิด และการอธิบายปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าได้ดีขึ้น ภายหลังได้รับประสบการณ์เรียนรู้ที่ลงมือแก้ปัญหา ทดลอง และสังเคราะห์องค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อจำลอง PhET และวงจรการเรียนรู้แบบ PBL

เมื่อนำค่าก่อน-หลังมาคำนวณ N-gain ของทักษะการคิดวิเคราะห์ $((14.25-6.40)/(15-6.40))$ ได้ค่า 0.913 จัดอยู่ในระดับ “สูงมาก” บ่งชี้ว่าการออกแบบกิจกรรมเรียนรู้ในงานนี้ไม่เพียงเปลี่ยนคะแนนแต่ยกระดับ “คุณภาพของการคิด” ของผู้เรียนอย่างชัดเจน สอดคล้องกับสมมติฐานและกรอบแนวคิดการวิจัยที่วางไว้ (ตัวแปรตาม: ทักษะการคิดวิเคราะห์; ตัวแปรอิสระ: การจัดการเรียนรู้แบบ PBL ร่วม PhET)

โดยภาพรวม ผลตามวัตถุประสงค์ข้อนี้ยืนยันว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และมีความก้าวหน้าในระดับสูงมาก ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าการผสมผสาน PBL กับสื่อจำลองช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิดเชิงลึกของผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้จริงในบริบทห้องเรียนจริง

3) ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม PhET

ผลการประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามมาตราส่วน 5 ระดับ พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “สูง” ($\bar{x} = 4.58$) โดยมีมิติที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “ความน่าสนใจของกิจกรรม” ($\bar{x} = 4.70$) รองลงมาคือ มิติ “การนำความรู้ไปใช้ได้จริง” ($\bar{x} = 4.40$) สะท้อนว่าผู้เรียนรับรู้ว่าการกิจกรรมมีความหมาย เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง และช่วยให้ตนเองเข้าใจแนวคิดไฟฟ้าได้ชัดเจนขึ้น อันเป็นแรงเสริมด้านแรงจูงใจภายในและการมีส่วนร่วมระหว่างเรียน ซึ่งเคลื่อนย้ายไปสู่ผลสัมฤทธิ์และทักษะการคิดที่ดีขึ้นตามผลในข้อ (1) และ (2)

โครงสร้างแบบสอบถามและกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (ความตรงเชิงเนื้อหาโดย IOC และความเชื่อมั่นภายในโดย Cronbach's Alpha) ถูกระบุในระเบียบวิธีของงานฉบับนี้ เพื่อรับรองความน่าเชื่อถือของผลสะท้อนความคิดเห็นผู้เรียนที่รายงานในส่วนผลการวิจัยนี้

อภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากผลการวิเคราะห์คะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าการเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PhET ส่งผลให้ นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนรู้ที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hmelo-Silver (2004) และ ศุภลักษณ์ กาญจนสุธา (2562) ที่พบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดได้อย่างลึกซึ้ง

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับ Prince (2004) และ De Jong & Van Joolingen (1998) ที่พบว่าการเรียนรู้ผ่านโปรแกรมจำลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ การสร้างการมีส่วนร่วมของนักเรียนถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเข้าใจและการพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะเมื่อนำแนวทางการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับสื่อการเรียนรู้ที่มีความทันสมัย เช่น โปรแกรมจำลองเสมือนจริง PhET ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนไม่ได้เป็น

เพียงผู้รับสารทางเดียวจากครูเท่านั้น แต่ได้มีโอกาสมีบทบาทเชิงรุกในการตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน การมีส่วนร่วมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนรู้สึกว่าเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเอง และเกิดความภาคภูมิใจในความเข้าใจที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติจริง

การนำโปรแกรมจำลองเสมือน PHET มาใช้ในการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ายังช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น ด้วยลักษณะของโปรแกรมที่เป็นแบบอินเทอร์แอคทีฟ (Interactive) นักเรียนสามารถทดลองเปลี่ยนแปลงตัวแปร และสังเกตผลลัพธ์ได้ด้วยตนเองแบบเรียลไทม์ ทำให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ที่มีความหมายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถแก้ไขความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้นจากการเรียนรู้แบบท่องจำ

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานยังเป็นกระบวนการสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยนักเรียนจะเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถาม วิเคราะห์ปัญหา หาข้อมูล และอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครู กระบวนการเหล่านี้เป็นการฝึกคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ อันเป็นพื้นฐานของการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills: HOTS) ทักษะการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งเท่านั้น แต่ยังเป็นทักษะที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุป การบูรณาการการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PHET ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังส่งเสริมการมีส่วนร่วม การคิดวิเคราะห์ และแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

2. ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดวิเคราะห์

การเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PHET ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดย คะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 14.25 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2019) และ วิไลพร วงศ์สวัสดิ์ (2563) ที่พบว่าการใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจำลองเสมือน PHET สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสสำรวจ ทดลอง และพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ผ่านการตั้งคำถาม และแก้ปัญหาด้วยตนเอง

3. ความพึงพอใจของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.58, S.D. = 0.62) องค์ประกอบที่ได้รับคะแนนสูงสุด ได้แก่ ความน่าสนใจของกิจกรรมการเรียนรู้ (4.70) และความสามารถในการนำไปใช้จริง (4.40) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ

โปรแกรมจำลองเสมือน PhET สามารถช่วยทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ดีขึ้น งานวิจัยของ De Jong and Van Joolingen (1998) และ ณัฐวุฒิ ศรีสุวรรณ (2561) ยังสนับสนุนว่าการใช้เทคโนโลยีและโปรแกรมจำลองสามารถเพิ่มความสนใจของผู้เรียน และช่วยให้เกิดความเข้าใจแนวคิดเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปองค์ความรู้

1. องค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับ

การวิจัยนี้ทำให้ได้ข้อค้นพบที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

- ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน : นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม PhET สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (N-gain) ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าสื่อเสมือนจริงสามารถช่วยแปลงแนวคิดนามธรรมให้เข้าใจง่ายขึ้น
- ด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ : นักเรียนมีพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยอยู่ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาและการใช้สื่อ PhET ส่งเสริมการใช้เหตุผล การอธิบาย และการประยุกต์ความรู้ได้จริง
- ด้านความพึงพอใจของผู้เรียน : นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง โดยเฉพาะด้านความน่าสนใจของกิจกรรม และการนำความรู้ไปใช้ได้จริง แสดงให้เห็นว่ารูปแบบนี้มีศักยภาพทั้งในแง่การยกระดับผลสัมฤทธิ์ และการสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

2. นวัตกรรม/โมเดลที่ได้จากการวิจัย

การบูรณาการ Problem-Based Learning (PBL) เข้ากับ PhET Interactive Simulations สามารถสรุปเป็น “โมเดล PBL-PhET สำหรับพัฒนาการคิดวิเคราะห์ในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา” ดังแผนภาพ

สถานการณ์ปัญหา (Real-world Problem)



การตั้งสมมติฐาน – ค้นคว้า (Inquiry & Hypothesis)



การทดลองเสมือนจริงผ่าน PhET (Virtual Experimentation)



การอภิปราย-สังเคราะห์ (Discussion & Synthesis)



การสรุปและประยุกต์ใช้ (Conclusion & Application)



ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ↑ - ทักษะการคิดวิเคราะห์ ↑ - ความพึงพอใจในการเรียนรู้ ↑

โมเดลนี้เป็นองค์ความรู้เชิงนวัตกรรมที่ช่วยชี้ให้เห็นแนวทางการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ทั้งสร้างความเข้าใจเชิงลึกและพัฒนาทักษะสำคัญของศตวรรษที่ 21

3. การถ่ายทอดและการนำไปใช้ประโยชน์

ด้านวิชาการ : โมเดลนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา รวมถึงขยายผลไปสู่รายวิชาอื่นที่ต้องการเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์

ด้านชุมชนและสังคม : โรงเรียนในพื้นที่ชนบทที่มีข้อจำกัดด้านสื่อการสอนสามารถใช้ PhET ซึ่งเป็นสื่อฟรีร่วมกับการเรียนรู้เชิงปัญหา เพื่อพัฒนาผู้เรียนอย่างมีคุณภาพโดยไม่ต้องใช้งบประมาณสูง

ด้านเศรษฐกิจ : การยกระดับทักษะการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ช่วยสร้างทุนมนุษย์ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาและนวัตกรรมในอนาคต ลดความเหลื่อมล้ำด้านคุณภาพการศึกษา

ข้อเสนอเชิงนโยบาย : ควรมีการสนับสนุนการบูรณาการ PBL ร่วมกับสื่อเสมือนจริงในโรงเรียน ประถมศึกษา โดยจัดอบรมครู การพัฒนาหลักสูตร และการประเมินผลที่เน้นการคิดขั้นสูงมากกว่าความจำ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบ PBL ร่วมกับ PhET มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะการคิด วิเคราะห์ ควรมีการส่งเสริมให้ครูในระดับประถมศึกษาออกแบบกิจกรรมในลักษณะนี้มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย/การดำเนินงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

หน่วยงานด้านการศึกษา เช่น สพฐ. และเขตพื้นที่การศึกษา ควรสนับสนุนการพัฒนาหลักสูตร และการอบรมครูในการใช้ PBL ร่วมกับสื่อ PhET รวมถึงจัดหาทรัพยากรดิจิทัลให้โรงเรียนชนบท เพื่อให้การจัดการ เรียนรู้เกิดขึ้นอย่างทั่วถึงและลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา

3. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ควรทำวิจัยในลักษณะเปรียบเทียบ เช่น การใช้ PBL กับสื่อเสมือนจริงชนิดอื่น หรือการวิจัยแบบ Longitudinal เพื่อติดตามผลระยะยาวของผู้เรียน ตลอดจนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ที่เน้นการพัฒนาทักษะของครูควบคู่ไปกับผู้เรียน

บรรณานุกรม

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. David McKay.

Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48.

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>

Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

- Wieman, C. E., & Perkins, K. K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today*, 58(11), 36–41. <https://doi.org/10.1063/1.2155756>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2010). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive? *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145–181. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1202_1