



Fostering Secondary School Students' Scientific Explanation Competency on Renewable Energy Using Inquiry-based Remote Laboratory Learning

Wanchai Sinpho¹, Phattaraporn Pondee¹ and Niwat Srisawasdi^{1,2*}

¹Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen

²Digital Education and Learning Engineering Association, Nonthaburi

*Email: niwsri@kku.ac.th

Received <17 Mar. 2025>; Revised <11 Jun. 2025>; Accepted <16 Jun. 2025>

Abstract

Science education plays a crucial role in developing students' ability to apply scientific knowledge, reason critically, and solve real-world problems. This classroom-based study explores the development of scientific explanation competency among twenty-five eleventh-grade students through a remote hands-on laboratory learning approach, integrating sensor technology and interactive simulations within an inquiry-based physics class on renewable energy. Conducted as a pre-experimental research design at a public secondary school in northeastern Thailand, the research examines students' abilities to construct claims, use evidence, and apply reasoning before and after engaging in remote physics experiments. Students interacted with real-time sensor data and dynamic simulations to analyze energy transformations. Descriptive statistics, including mean and standard deviation, were used, and a paired-samples t-test assessed pre- and post-learning differences in scientific explanation abilities. Results show a statistically significant improvement ($p < .05$) in students' overall competency, with notable gains in claims, evidence, and reasoning. The findings suggest that inquiry-based remote laboratory learning with sensor technology and interactive simulations effectively supports students in constructing well-reasoned scientific explanations. This study underscores the potential of technology-enhanced remote experimentation to enhance students' engagement, accessibility to laboratory experiences, and deeper scientific understanding. Future research should explore the long-term impacts of inquiry-based remote laboratory learning and compare different instructional strategies to maximize students' scientific explanation competency in school science.

Keywords: Remote laboratory; Inquiry-based learning; Scientific explanation; Sensor technology; Interactive simulation

การสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานทดแทน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ ผ่านบทปฏิบัติการทางไกล

วันชัย สีนโพธิ์¹ ภัทรพร ผลดี¹ และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{1,2*}

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น

²สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้ นนทบุรี

*Email: niwsri@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 25 คน ที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เรื่อง พลังงานทดแทน โดยการศึกษาใช้รูปแบบการวิจัยแบบยังไม่เข้าขั้นการทดลองและดำเนินการที่โรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพื่อศึกษาความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำกล่าวอ้าง การใช้ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผลทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าว วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ Paired-Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยมีคะแนนที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในองค์ประกอบด้านคำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้สนับสนุนว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลสามารถส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นแล้วการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยเป็นการเพิ่มโอกาสการเข้าถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์และกระตุ้นการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นได้ ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยในอนาคตเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล และเปรียบเทียบแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวในเงื่อนไขที่แตกต่างกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียน

คำสำคัญ: บทปฏิบัติการทางไกล; การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ; การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์; เทคโนโลยีเซ็นเซอร์; สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

บทนำ

ในปัจจุบัน การจัดการศึกษาในหลายประเทศทั่วโลกเผชิญกับปัจจัยภายนอกที่หลากหลายและท้าทายอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของประเทศไทยที่กำลังเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงจากโลกยุคใหม่ซึ่งอยู่ภายใต้บริบทของ VUCA World ที่ประกอบด้วยความผันผวน (Volatility) ความไม่แน่นอน (Uncertainty) ความซับซ้อน (Complexity) และความคลุมเครือ (Ambiguity) สถานการณ์เหล่านี้ส่งผลให้ระบบการศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในทุกมิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rangubtook, 2020) กรณีสถานการณ์ผลกระทบภายนอกที่ชัดเจนนั้น ตัวอย่างเช่น การต้องจัดการศึกษาในสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 เป็นต้น โดยตามรายงานของ UNESCO (2021) โรงเรียนจำเป็นต้องเปลี่ยนมาใช้ในการเรียนการสอนออนไลน์ เป็นการสร้างความท้าทายด้านการเข้าถึงเทคโนโลยี ความเท่าเทียม และแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทั้งนักเรียนและครูต้องปรับตัว เพื่อใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการสอนเพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล นอกจากนี้ในมิติความก้าวหน้าในวิทยาการและองค์ความรู้สมัยใหม่แล้วนั้น การจัดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันยังต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม เพื่อจะได้เป็นการพัฒนาศักยภาพของคนในชาติและให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศได้ อย่างที่ทราบกันเป็นอย่างดีว่าวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ รวมถึงการสร้างสรรคเทคโนโลยีและสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวก วิทยาศาสตร์ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ การคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ พร้อมทั้งพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจที่มีเหตุผล ในโลกสมัยใหม่ที่เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาชีวิตและสังคมอย่างยั่งยืน และสร้างสรรค์ (Ministry of Education, 2017) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Inquiry-based science learning) เป็นแนวทางที่เน้นให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการตั้งคำถาม การทดลอง การสังเกต และการอธิบายผลอย่างมีหลักฐานรองรับ (National Research Council, 2000) การประยุกต์แนวทางดังกล่าวกับการเรียนรู้ทางไกล โดยเฉพาะในสถานการณ์ COVID-19 จึงเกิดเป็นรูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล ซึ่งผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การใช้ Sensor, ซอฟต์แวร์วิเคราะห์กราฟ และสถานการณ์จำลอง (Kularatne *et al.*, 2021) เพื่อให้นักเรียนยังคงมีปฏิสัมพันธ์กับกระบวนการทดลองเสมือนจริง และสามารถอธิบายผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล

การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ถูกกล่าวไว้ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ โดยเป็นการสร้างคำอธิบายที่สนับสนุนด้วยประจักษ์พยานและเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างคำกล่าวอ้างและประจักษ์พยานในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนนั้นช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหลักและปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี โดยที่ McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนไว้ว่า เป็นสมรรถนะสำคัญซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ คำกล่าวอ้าง (Claim) ประจักษ์พยาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) นอกจากนั้นแล้วในบริบทประเทศไทยนั้น Chaowakeeratiyapong (2019) ได้กล่าวถึงสมรรถนะดังกล่าวไว้ว่า การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อความที่ใช้ในการให้ความหมายและอธิบายผลการสังเกตหรือการทดลอง โดยเชื่อมโยงประจักษ์พยานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายที่มีคุณภาพจะประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ คำกล่าวอ้างเป็นคำตอบจากการศึกษา ประจักษ์พยานที่สนับสนุน คำกล่าวอ้างมีลักษณะทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงประจักษ์พยานกับคำกล่าวอ้าง โดยที่ Lertdechaphat and Limpanonphromrat (2018) ได้ศึกษาผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังต่อการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และพบว่าวิธีการนี้ช่วยเพิ่มทักษะการให้เหตุผลและเชื่อมโยงหลักฐานกับคำกล่าวอ้างได้ดียิ่งขึ้น และ Saengprasert, Latuang and Chuewatcharin (2021) แสดงแนวคิดไว้ว่าการอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นสะท้อนถึงการประมวลผลความรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ การสื่อสารเนื้อหาลงถูกต้อง พร้อมทั้งมีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอและมีความน่าเชื่อถือในการสนับสนุนคำกล่าวอ้าง ดังนั้นแล้วจะเห็นได้ว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสมรรถนะสำคัญในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นเสมือนเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

แม้ว่าการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์จะได้รับการยอมรับว่าเป็นสมรรถนะสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ และมีการกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล แต่ยังมีช่องว่างสำคัญในเชิงการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการส่งเสริมสมรรถนะดังกล่าวผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล โดยเฉพาะในบริบทของการปฏิบัติงานการทดลองทางไกล (Remote laboratory learning) ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ดังนั้นแล้ววิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งหมายให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ผ่านการปฏิบัติงานการทดลองวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกจำกัดสถานที่และเวลา จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำลองประสบการณ์ในห้องปฏิบัติการจริง ช่วยให้นักเรียนทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลลัพธ์จากระยะไกลได้ การจัดการเรียนรู้บทปฏิบัติการทางไกลมีประโยชน์อย่างมากสามารถเข้าถึงการทดลองได้ทุกที่ทุกเวลา ส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกันกับสถานการณ์ที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับอุปกรณ์ หรือการจำลอง ทำการทดลอง และสังเกตผลลัพธ์จากระยะไกล ช่วยแก้ไขข้อจำกัดทางความสะดวกในการเดินทาง และเพิ่มการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ (Zurita and Nussbaum, 2004) โดยจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ได้พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้บทปฏิบัติการฟิสิกส์อย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยลดความเสี่ยงและช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมทดลองของนักเรียน แต่นักเรียนยังสามารถทำความเข้าใจในหลักการ แนวคิดหลัก และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดี และยังสามารถนำสู่ผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้นในการทดลองแบบลงมือปฏิบัติ (Galan et al., 2018; Pastor and Tobarra, 2020; Samuelsen and Graven, 2016)

ปัจจุบันยังขาดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ผ่านการทดลองทางไกลที่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายโดยอิงจากประจักษ์พยานและการให้เหตุผลที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ยังมีข้อจำกัดด้านแนวทางการออกแบบกิจกรรมและเครื่องมือประเมินที่สามารถสะท้อนระดับความสามารถของนักเรียนในการอธิบายผลการทดลองได้อย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับบริบทของการเรียนรู้ยุคดิจิทัล ดังนั้น การวิจัยเกี่ยวกับการบูรณาการวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์จึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างยั่งยืน

แนวคิดเชิงหลักการเกี่ยวกับการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และข้อค้นพบจากงานวิจัยก่อนหน้านี้

แนวคิดเชิงหลักการเกี่ยวกับการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ถือเป็นแกนหลักของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดและปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ หมายถึงการสรุปข้อเท็จจริง และสร้างข้อสรุปจากประจักษ์พยานที่ได้ผ่านการสืบค้นและวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ รวมถึงการนำเสนอข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนที่ได้รับการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์สามารถสร้างคำกล่าวอ้างที่อ้างอิงจากประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือ และต้องมีความสามารถในการให้เหตุผลที่มีความเชื่อมโยงและสอดคล้องกันในกระบวนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในบริบทของการศึกษา การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องอาศัยทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ และการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถประมวลผลข้อมูลอย่างเป็นระบบ สร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล และข้อสรุปที่สอดคล้องกับประจักษ์พยาน การพัฒนาทักษะดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากกรอบแนวคิดที่เสนอโดย McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอกรอบแนวคิดการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ คำกล่าวอ้าง คือการแสดงข้อสรุปหรือคำตอบที่ต้องการเสนอ เป็นการบอกว่ามีบางสิ่งเกิดขึ้นหรือเป็นความจริง ประจักษ์พยาน คือข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง อาจมาจากการทดลอง การสังเกต หรือข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และการให้เหตุผล คือการเชื่อมโยงระหว่างคำกล่าวอ้างและประจักษ์พยานเพื่ออธิบายประจักษ์พยานที่น่าเสนอถึงการสนับสนุนคำกล่าวอ้างได้ การใช้กรอบแนวคิดการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารความคิดเห็นได้อย่างชัดเจน มีการสนับสนุนตาม

องค์ประกอบช่วยให้นักเรียนมีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ สร้างข้อสรุปที่มีเหตุผลสนับสนุน นำเสนอข้อสรุปได้ชัดเจน และสมเหตุสมผล

ข้อค้นพบจากงานวิจัยก่อนหน้า

จากงานวิจัยของ Chaowakeeratiyapong (2019) พบว่าการส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างความเข้าใจในเรื่องของการสังเกต การทดลอง และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับประจักษ์พยาน โดยนักเรียนได้รับการฝึกฝนในการวิเคราะห์และประเมินสมมติฐาน จากนั้นนำไปสู่การสร้างข้อโต้แย้งที่มีพื้นฐานจากประจักษ์พยานที่ได้รับมาอย่างละเอียด การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบวิธีการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยคำถามอ้างอิง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาทักษะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความเข้าใจ และถูกต้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ งานวิจัยของ Saengprasert, Latuang and Chuewatcharin (2021) ได้ศึกษาการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกลยุทธ์การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เน้นการสร้างคำถามอ้างอิงที่มีประจักษ์พยานสนับสนุนและการให้เหตุผลที่ชัดเจน การใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการศึกษาตรวจสอบแนวคิดผ่านกระบวนการตั้งคำถาม การสำรวจ การสืบค้น การขยายความรู้ การอธิบาย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการประเมินผล ช่วยเสริมสร้างทักษะในการประมวลผลข้อมูลและการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ การอธิบายที่มีประจักษ์พยานสนับสนุนและการให้เหตุผลที่ชัดเจนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลและสร้างข้อสรุปที่มีความหมาย เป็นเครื่องมือสำคัญในการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในการใช้เหตุผล และการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

Putra and Wulandari (2021) ศึกษาการใช้สื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนที่พัฒนาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนมัธยมศึกษา กิจกรรมเน้นให้นักเรียนสำรวจ สังเกต เปรียบเทียบ และอภิปรายข้อมูลจากแหล่งพลังงานท้องถิ่น เช่น ชีวมวล แสงอาทิตย์ และลม ผลการวิจัยชี้ว่า การเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตจริงช่วยพัฒนาทักษะการตั้งคำถาม การใช้เหตุผล และการอภิปรายด้วยหลักฐาน ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในประเด็นพลังงานทดแทนซึ่งมีข้อมูลหลากหลายและข้อถกเถียงทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับโลก ทำให้เหมาะสมต่อการส่งเสริมการคิดขั้นสูงและการอธิบายที่มีหลักฐานรองรับ

Kularatne *et al.* (2021) ได้ออกแบบกิจกรรมบทปฏิบัติการทางไกลตามกรอบแนวคิดการเรียนรู้แบบประสบการณ์ (Experiential Learning Framework) เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการทดลองแม้ไม่สามารถเข้าห้องปฏิบัติการจริงได้ กิจกรรมประกอบด้วยขั้นตอนเตรียมความพร้อม การสังเกต การจำลองผล การอภิปราย และการจัดทำรายงาน ซึ่งเอื้อต่อการฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การวิเคราะห์ และการอธิบายผลโดยมีหลักฐานรองรับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ประกอบการให้เหตุผล สะท้อนว่าแม้มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ การเรียนรู้ทางไกลที่มีโครงสร้างชัดเจนก็สามารถส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เรื่องพลังงานทดแทน

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบยังไม่เข้าขั้นการทดลอง (Pre-experimental design) โดยเฉพาะรูปแบบ One-group pretest-posttest ตามแนวทางของ Campbell and Stanley (1963) และได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานวิจัยทางสังคมร่วมสมัย (Thyer, 2010)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนโรงเรียนนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 25 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่องไฟฟ้ากระแส รายวิชาฟิสิกส์ รหัส ว30204 ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาแนวคิดทางฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ โดยเน้นหน่วยย่อยที่ 9 เรื่องพลังงานทดแทน ตามผลการเรียนรู้อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยี ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพ และความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ครอบคลุมพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและเชื่อมโยงกับบริบทจริง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ระยะเวลา
1. พลังงานทดแทน	การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าทำได้โดยนำพลังงานทดแทนมาทำให้เกิดความร้อนโดยใช้กระบวนการต่าง ๆ แล้วนำความร้อนที่ได้มาทำให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการนำเทคโนโลยีเซลล์สุริยะมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า	120 นาที
2. พลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์)	พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืน เทคโนโลยีเซลล์สุริยะแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	60 นาที
3. พลังงานทดแทน (พลังงานลม)	พลังงานลมเป็นพลังงานทดแทนที่ใช้กังหันลมเปลี่ยนพลังงานจลน์ของลมเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทคโนโลยีนี้ช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและส่งเสริมพลังงานสะอาดอย่างยั่งยืน	60 นาที

1.2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ชุดกิจกรรมวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลที่พัฒนาขึ้นเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการ 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนรูปของพลังงานโดยใช้ PhET Interactive Simulation กิจกรรมที่ 2 การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า นักเรียนจะได้ศึกษาวิธีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และกิจกรรมที่ 3 การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า นักเรียนจะได้ทดลองวิธีการเปลี่ยนพลังงานกลของลมให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกิจกรรมที่ 2 และ 3 เป็นการจัดวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กิจกรรมการศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน (ก) กิจกรรมการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (ข) กิจกรรมการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า (ค)

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรม 3 กิจกรรม ภายใต้แนวคิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเป็นระบบในกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วย

ตนเอง กิจกรรมแต่ละกิจกรรมได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับขั้นตอนของโมเดลการเรียนรู้แบบ 5E ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engagement) การสำรวจและค้นหา (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) และการประเมินผล (Evaluation) ล้วนสนับสนุนการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการอธิบายอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน (Bybee et al., 2006)



ภาพที่ 2 กระบวนการการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล

จากภาพที่ 2 แสดงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 กิจกรรม โดยชี้ให้เห็นความสัมพันธ์กิจกรรมและกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะที่ใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น PhET Interactive Simulation และบทปฏิบัติการทางไกล ในแต่ละกิจกรรม ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสำรวจ สังเกต วิเคราะห์ และสังเคราะห์องค์ความรู้จากหลักฐานที่ได้ด้วยตนเอง ขณะที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกการเรียนรู้โดยชี้แนะการถ่ายทอดความรู้โดยตรง สะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

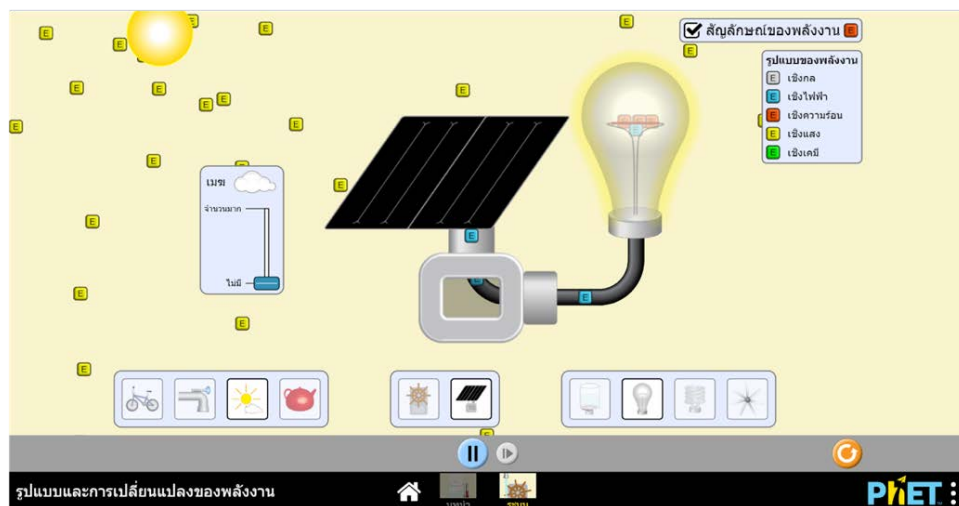
กิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน (ภาพที่ 3) ตัวอย่างสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนของกิจกรรมที่ 1 เป็นการศึกษาแบบและการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน กิจกรรมนี้มีการอธิบายขั้นตอนการดำเนินการผ่านการทดลองเสมือนจริงด้วย PhET Interactive Simulation โดยมีขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นักเรียนสามารถเข้าสู่ PhET Interactive Simulation ได้ 2 ช่องทาง ได้แก่ การเข้าผ่านลิงก์ที่ครูจัดเตรียมให้เพื่อทดลองผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หรือผ่านแอปพลิเคชัน PhET Interactive Simulation โดยนักเรียนสามารถเลือกใช้ช่องทางตามความสะดวกของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อเข้าสู่หน้าจอ Energy Forms and Changes นักเรียนลงมือปฏิบัติทำการศึกษาการเปลี่ยนรูปของพลังงาน 4 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบมี 2 เงื่อนไขดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ให้นักเรียนเพิ่มปริมาณก้อนเมฆและสังเกตการเปลี่ยนรูปของพลังงาน
2. การเปลี่ยนแปลงพลังงานเชิงกลจากการปั่นจักรยานให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยนักเรียนเพิ่มอัตราการปั่นจักรยานและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน
3. การเปลี่ยนแปลงพลังงานเชิงกลจากน้ำที่ไหลจากก๊อกให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน
4. การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนจากแรงดันไอน้ำให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยนักเรียนค่อย ๆ ปรับระดับความร้อนและสังเกตการเปลี่ยนรูปของพลังงาน

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากดำเนินกิจกรรมเสร็จสิ้น นักเรียนจะต้องตอบคำถามท้ายกิจกรรมและอภิปรายผลที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ 3 สื่อสถานการณ์จำลองวิทยาศาสตร์ของกิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

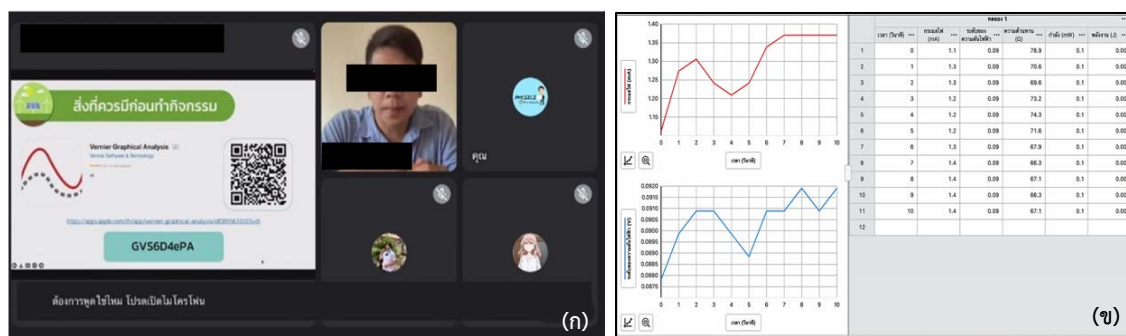
ในกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า นักเรียนได้ศึกษาวิธีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ และกิจกรรมที่ 3 เป็นการศึกษาการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยนักเรียนได้ทดลองแปลงพลังงานกลจากแรงลมให้เป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านกังหันลมที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกิจกรรมทั้งสองดำเนินการภายใต้รูปแบบการเรียนรู้แบบปฏิบัติการทางไกล เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทดลองได้แม้ว่าอยู่ต่างสถานที่ ผ่านการใช้ชุดอุปกรณ์ที่บปฏิบัติการทางไกล ประกอบด้วย

1. แหล่งพลังงานจำลอง โคมไฟที่สามารถปรับระดับความเข้มของแสงเพื่อจำลองแสงอาทิตย์ และพัดลมที่สามารถปรับแรงลมเพื่อจำลองพลังงานลม
2. อุปกรณ์รับพลังงาน แผงโซลาร์เซลล์สำหรับรับพลังงานแสง และกังหันลมเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. วงจรวัดพลังงาน Energy Sensor สำหรับตรวจวัดพลังงาน โดยเชื่อมต่อจากแหล่งพลังงานเข้าสู่ตำแหน่ง SOURCE และเชื่อมกับตัวต้านทานที่ตำแหน่ง LOAD เพื่อจำลองการใช้งานจริง
4. อุปกรณ์วิเคราะห์ข้อมูล LABQUEST Interface สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า (CH1) และแรงดันไฟฟ้า (CH2)

5. ซอฟต์แวร์วิเคราะห์กราฟ แอปพลิเคชัน Vernier Graphical Analysis สำหรับแสดงผลในรูปแบบกราฟ แสดงผลแบบเวลาจริง พร้อมระบบลงทะเบียน License สำหรับใช้งาน

6. อุปกรณ์ดิจิทัลของนักเรียน โทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Vernier Graphical Analysis สำหรับวิเคราะห์ บันทึก และแสดงผลข้อมูลจากการทดลอง

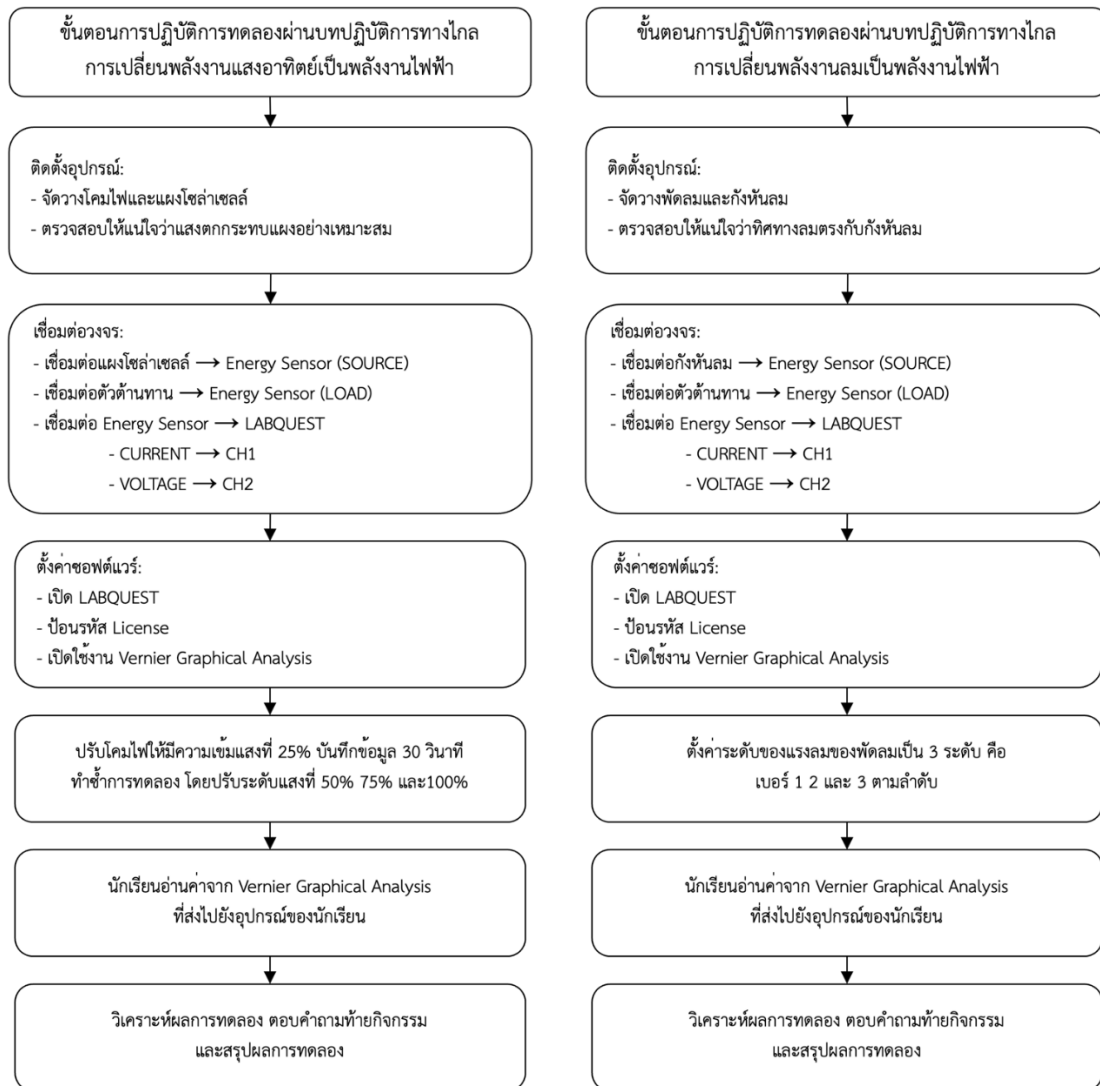
การออกแบบกิจกรรมดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลการทดลองเชิงประจักษ์อย่างเป็นระบบ แม้ไม่ได้อยู่ในห้องปฏิบัติการจริง และสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนการใช้ Vernier Graphical Analysis ในรูปแบบออนไลน์ (ก)
ตัวอย่างผลการทดลองการเรียนรู้บทปฏิบัติการทางไกล (ข)

กิจกรรมที่ 2 การเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (ภาพที่ 5) กระบวนการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลในกิจกรรมที่ 2 การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเป็นการจำลองแสงอาทิตย์โดยใช้แสงจากโคมไฟที่สามารถควบคุมปริมาณแสงได้ ติดตั้งโคมไฟและแผงโซลาร์เซลล์ให้อยู่ในตำแหน่งที่โคมไฟสามารถส่องมายังแผงโซลาร์เซลล์ได้ โดยในขั้นตอนการทำการกิจกรรมเริ่มต้นด้วยการต่อสายไฟของแผงโซลาร์เซลล์เข้าตัว Energy Sensor ที่ตำแหน่ง SOURCE ต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เข้า Energy Sensor ที่ตำแหน่ง LOAD นำสายไฟที่ออกจาก Energy Sensor เชื่อมกับ LABQUEST โดย CURRENT ต่อเข้ากับ CH1 และ VOLTAGE เข้ากับ CH2 เมื่อเชื่อมต่อทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วให้ทำการเปิดเครื่อง ทำการใส่รหัสให้เรียบร้อยเพื่อขอใช้ License สำหรับนักเรียน ให้ทำการติดตั้งแอปพลิเคชัน Vernier Graphical Analysis ลงในอุปกรณ์ของนักเรียน (รองรับทั้ง Android และ IOS) นักเรียนรับรหัสการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันจากครูผู้สอน และการใส่รหัสเพื่อเข้าใช้แอปพลิเคชัน ครูผู้สอนทำการตั้งค่าข้อมูลโดยใช้ปริมาณแสงที่มาจากหลอดไฟร้อยละ 25 ใช้ข้อมูล 1 ตัวอย่างใช้เวลา 30 วินาที ต่อการทดลอง 1 ครั้ง และทำการบันทึกภาพหน้าจอเก็บไว้ในส่วนผลการทดลอง ทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง โดยการเปลี่ยนปริมาณแสงเป็นร้อยละ 50 75 และ 100 ตามลำดับ ทำการอ่านข้อมูลที่ได้จากตารางผลการทดลอง และกราฟที่ได้จากการทดลอง หลังจากนั้นนักเรียนทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 3 การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า (ภาพที่ 6) กระบวนการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลในกิจกรรมที่ 3 การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเป็นการจำลองลมโดยใช้พัดลมที่สามารถควบคุมระดับของลมได้ โดยติดตั้งพัดลมและกังหันลมให้อยู่ในตำแหน่งที่พัดลมสามารถส่งแรงลมมายังกังหันลมได้ ติดตั้งกังหันลมเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต่อสายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าตัว Energy Sensor ที่ตำแหน่ง SOURCE ต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เข้า Energy Sensor ที่ตำแหน่ง LOAD นำสายไฟที่ออกจาก Energy Sensor เชื่อมกับ LABQUEST โดย CURRENT ต่อเข้ากับ CH1 และ VOLTAGE เข้ากับ CH2 เมื่อเชื่อมต่อทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วให้ทำการเปิดเครื่อง ทำการใส่รหัสให้เรียบร้อยเพื่อขอใช้ License สำหรับนักเรียน ให้ติดตั้งแอปพลิเคชัน Vernier Graphical Analysis ลงในอุปกรณ์ของนักเรียน (รองรับทั้ง Android และ IOS) ให้นักเรียนรับรหัสการเข้าโปรแกรมจากครูผู้สอน และใส่รหัสเพื่อเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน ครูผู้สอนทำการตั้งค่าข้อมูลโดยใช้ข้อมูล 1 ตัวอย่าง ใช้เวลา 30 วินาที ต่อการทดลอง 1 ครั้ง และทำการบันทึกภาพหน้าจอเก็บไว้ในส่วนผลการทดลอง ทดลองซ้ำโดยใช้ความแรงของพัดลมเป็น 3 ระดับ คือ เบอร์ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ทำการอ่านข้อมูลที่ได้จากตารางผลการทดลอง และกราฟที่ได้จากการทดลอง หลังจากนั้นนักเรียนทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองผ่านบทปฏิบัติการทางไกลการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองผ่านบทปฏิบัติการทางไกลการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยนี้ ได้มีการพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องพลังงานทดแทน โดยใช้คำถามปลายเปิด (Open-ended questions) จำนวน 6 ข้อ มีคะแนนเต็มรวม 12 คะแนน แบบวัดนี้ถูกสร้างขึ้นโดยอิงตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ที่เน้นการประเมินสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ คำกล่าวอ้าง จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 4 คะแนน การวัดความสามารถของนักเรียนในการนำเสนอคำกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด ประจักษ์พยาน จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 4 คะแนน มุ่งเน้นการประเมินความสามารถในการนำเสนอประจักษ์พยานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างของนักเรียน และการให้เหตุผล จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 4 คะแนน และจากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบประเมินทุกข้ออยู่ในช่วง 0.67–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ คือ 0.50 ตามเกณฑ์ของ Tirakananth (2006) สรุปได้ว่า ข้อคำถามทั้งหมดมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการประเมิน และสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้ เป็นการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงประจักษ์พยานเข้ากับคำกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล นักเรียนทำแบบทดสอบผ่านรูปแบบออนไลน์ Google Forms เพื่อประเมินสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนรู้

การเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัย โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานทดแทน ฉบับก่อนเรียน และหลังเรียน มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยนักเรียนทำแบบทดสอบรูปแบบออนไลน์ผ่าน Google forms โดยวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนเป็นคำถามปลายเปิด ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหัวข้อพลังงานทดแทน โดยใช้วิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ข้อ ครอบคลุม 3 องค์ประกอบหลักตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ได้แก่ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 12 คะแนน ซึ่งจัดเป็นข้อมูลระดับอันดับเนื่องจากระดับคะแนนสะท้อนลำดับของพฤติกรรมที่ชัดเจนและมีช่วงห่างของคะแนนเท่ากัน การตรวจคำตอบดำเนินการรายบุคคล โดยวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) พร้อมทั้งพิจารณาระดับสมรรถนะตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจากต้นแบบเดิมให้เหมาะสมกับบริบทของการวิจัยครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
คำกล่าวอ้าง (Claim)	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
ประจักษ์พยาน (Evidence)	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่เหมาะสม กล่าวคือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอและอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning)	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือ ใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้างแต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างรวมถึงใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมและเพียงพอ

นอกจากนั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์สถิติเพื่อตรวจสอบลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (Test of normality) ของข้อมูลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้ง 3 องค์ประกอบหลักและคะแนนรวมโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อการเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ให้แม่นยำและถูกต้อง ซึ่งพบว่า ชุดข้อมูลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีการแจกแจงไม่เป็นแบบโค้งปกติในทุกชุดข้อมูล ($p < .05$) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric statistics) มาใช้เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลคะแนนดังกล่าวโดยสถิติที่เลือกใช้ ได้แก่ การทดสอบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test โดยที่ผู้วิจัยนำเสนอระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการวิเคราะห์สถิติเชิงอ้างอิงจากผลการทดสอบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะก่อนเรียนและหลังเรียนว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

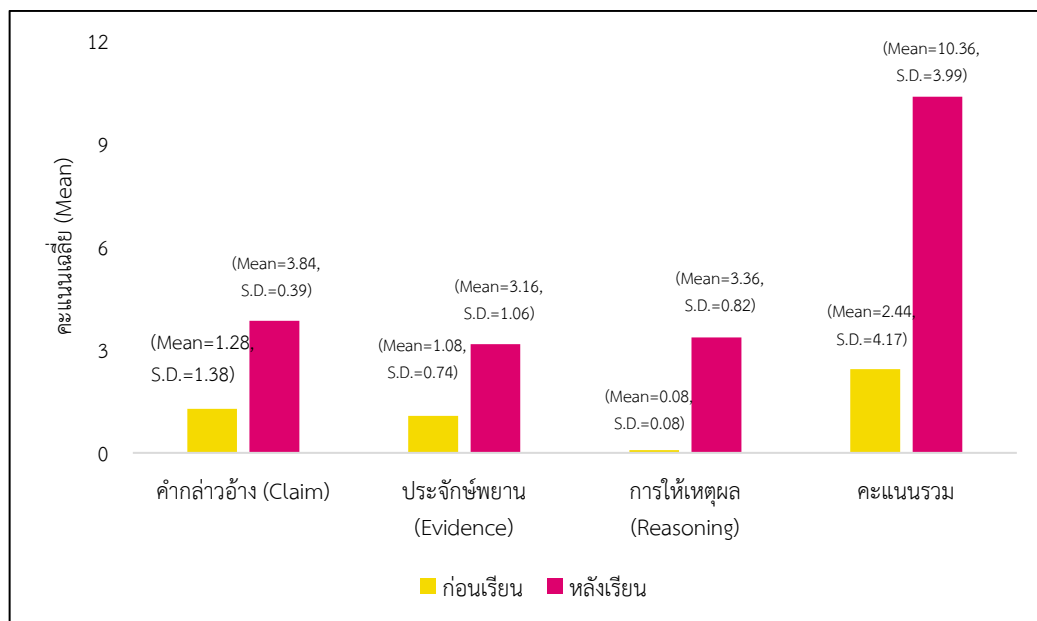
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เรื่องพลังงานทดแทน โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำเสนอผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล โดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test

รายการ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		Z-score	ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p)
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
คำกล่าวอ้าง (Claim)	1.28	1.38	3.84	0.39	4.271	<.001*
ประจักษ์พยาน (Evidence)	1.08	0.74	3.16	1.06	3.856	<.001*
การให้เหตุผล (Reasoning)	0.08	0.08	3.36	0.82	4.465	<.001*
คะแนนรวม (การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์)	2.44	4.17	10.36	3.99	4.300	<.001*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 7 แผนภูมิการเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล

จากภาพที่ 7 และตารางที่ 3 พบว่า ในการศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พลังงานทดแทน โดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล ได้ทำการศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยก่อนเรียนนักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ย 2.44 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนคะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ได้จำแนกออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้ คำกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ย 1.28 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.38 ประจักษ์พยาน มีคะแนนเฉลี่ย 1.08 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 และการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ย 0.08 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.08 และในส่วนผลการวิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่านักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ย 10.36 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนคะแนนเฉลี่ยของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ได้จำแนกออกเป็น

3 องค์ประกอบ ดังนี้ คำกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ย 3.84 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 ประจักษ์พยาน มีคะแนนเฉลี่ย 3.16 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.06 และการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ย 3.36 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์จำแนกตามรายประเด็น ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีลำดับในทิศทางที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในประเด็น คำกล่าวอ้างมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงที่สุดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แต่ในส่วนของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ในประเด็นการให้เหตุผล และการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในประเด็นประจักษ์พยาน คะแนนหลังเรียนมีค่ามากกว่า ก่อนเรียนผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและ หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบปฏิบัติการทางไกล เรื่อง พลังงานทดแทน โดยภาพรวม พบว่า สมรรถนะการอธิบาย อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล (Mean = 10.36, S.D.=3.99) สูงกว่าก่อนเรียน (Mean=2.44, S.D.=4.17) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในระดับ 0-2 ในองค์ประกอบของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ 3 รายการ คือ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในระดับ 0-2 ในองค์ประกอบของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ 3 รายการ

สมรรถนะการอธิบาย อย่างเป็นวิทยาศาสตร์	คำกล่าวอ้าง	ประจักษ์พยาน	การให้เหตุผล
ตัวอย่างข้อสอบ	1.1 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดแผงโซลาร์เซลล์จึงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้	1.2 นักเรียนสามารถนำข้อสรุปจากชุดข้อมูลข้างต้นมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้หรือไม่ เพราะเหตุ	1.3 นักเรียนมีเหตุผลใดที่สามารถอธิบายได้ว่า คำตอบในข้อที่ 1.1 และ 1.2 มีความสอดคล้องกันอย่างไร
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในระดับ 2	“แผงโซลาร์เซลล์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยพลังงานแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวของแผงจะถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านกระบวนการทางกายภาพภายในเซลล์สุริยะ ทำให้สามารถจ่ายไฟฟ้าให้วงจรได้”	“จากการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มแสงจากร้อยละ 50 เป็น ร้อยละ 100 แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น โดยข้อมูลจากเครื่องมือวัดแสดงค่าที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแสงกับการผลิตไฟฟ้า”	“พลังงานแสงที่มากขึ้นนำไปสู่จำนวนโฟตอนที่มากขึ้น ทำให้วัสดุสารกึ่งตัวนำภายในแผงโซลาร์เซลล์ปล่อยอิเล็กตรอนได้มากขึ้น กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจึงมากขึ้นตามหลักการโฟโตอิเล็กทริก ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นวิทยาศาสตร์”
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในระดับ 1	“แผงโซลาร์เซลล์เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าได้”	“แสงจากหลอดไฟทำให้แผงโซลาร์เซลล์ปล่อยไฟฟ้า”	“เพราะแสงเยอะจึงเกิดไฟฟ้ามากกว่า แสงน้อยทำให้เกิดน้อย”
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในระดับ 0	“แผงโซลาร์เซลล์ทำให้ไฟฟ้ามาเอง”	“เพราะข้อมูลใกล้เคียงกัน”	“เพราะมันทำงานได้เองเมื่อเปิดหลอดไฟ”

จากผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เรื่องพลังงานทดแทน ช่วยพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกิจกรรมที่ออกแบบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลนั้น มีลักษณะคล้ายกับการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จริง นักเรียนสามารถเห็นผลลัพธ์และกราฟการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจากสถานการณ์จำลอง ได้แก่ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนรูปของพลังงานได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลและเชื่อมโยงกับแนวคิดทางฟิสิกส์ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นจาก 2.44 เป็น 10.36 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สะท้อนถึงพัฒนาการที่ชัดเจนในการสร้างคำอธิบายอย่าง เป็นวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะใน 3 องค์ประกอบหลักตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ได้แก่ คำกล่าวอ้าง (Claim) ประจักษ์พยาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) องค์ประกอบคำกล่าวอ้าง เป็นองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดทั้งก่อนและหลังเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1.28 เป็น 3.84 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง

จาก 1.38 เป็น 0.39 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุข้ออ้างหลักในการอธิบายได้ตรงประเด็นและสอดคล้องกันมากขึ้น ในองค์ประกอบประจักษ์พยาน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1.08 เป็น 3.16 แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลับเพิ่มขึ้นจาก 0.74 เป็น 1.06 แสดงถึงความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนในด้านการระบุและเลือกใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำอธิบาย ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนบางกลุ่มสามารถให้หลักฐานได้ครบถ้วน เช่น การใช้ข้อมูลเชิงตัวเลขจากการทดลอง กราฟ หรือคำอธิบายทางฟิสิกส์ที่ชัดเจน ในขณะที่บางกลุ่มยังคงมีข้อจำกัดในการเลือกและเชื่อมโยงหลักฐาน ทำให้คะแนนในองค์ประกอบนี้กระจายตัวมากขึ้น และองค์ประกอบการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 0.08 เป็น 3.36 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพิ่มจาก 0.08 เป็น 0.82 แสดงว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างคำกล่าวอ้างกับประจักษ์พยานได้ดีขึ้น ความแตกต่างในระดับความสามารถของนักเรียนในองค์ประกอบนี้ยังคงมีอยู่ โดยเฉพาะในแง่ของการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Chaowakeeratiyapong (2019) ที่ชี้ว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ และงานของ Saengprasert, Latuang and Chuewatcharin (2021) ที่แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับกลยุทธ์การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ยังสามารถเชื่อมโยงกับงานของ Putra and Wulandari (2021) ซึ่งพบว่า การเรียนรู้พลังงานทดแทนที่เชื่อมโยงกับบริบทท้องถิ่นและข้อมูลจริงจากชุมชนช่วยกระตุ้นการตั้งคำถาม การใช้เหตุผล และการอภิปรายด้วยหลักฐานของนักเรียนได้อย่างลึกซึ้ง รวมถึงสอดคล้องกับงานของ Kularatne *et al.* (2021) ที่แสดงให้เห็นว่า การออกแบบบทปฏิบัติการทางไกลภายใต้กรอบแนวคิดการเรียนรู้แบบมีประสบการณ์ ช่วยส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนกับข้อมูลจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการจริงได้ จึงสามารถยืนยันได้ว่าบทปฏิบัติการทางไกลเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างรอบด้าน

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อจำกัด

- 1.1 ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เช่น อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง โทรศัพท์ แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์
- 1.2 ด้านความแตกต่างระหว่างนักเรียน นักเรียนมีพื้นฐานความรู้และทักษะที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างคำกล่าวอ้าง การใช้ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล โดยเฉพาะในบางกลุ่มที่ยังมีข้อจำกัดด้านความเข้าใจหรือทักษะที่ต้องได้รับการพัฒนาสูงกว่ากลุ่มอื่น

2. ข้อเสนอแนะทั่วไป

- 2.1 ในการพัฒนาความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการให้นักเรียนมีโอกาสมากขึ้นที่เกี่วข้องกับอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
- 2.2 จัดกิจกรรมที่เน้นการประหยัดพลังงานและสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการใช้พลังงานต่อสิ่งแวดล้อมและค่าใช้จ่าย

3. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

- 3.1 ติดตามความก้าวหน้าของนักเรียนในด้านทักษะต่าง ๆ ที่ได้รับการพัฒนาประเมินผลโดยให้นักเรียนมีบทวิจารณ์และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง
- 3.2 เชื่อมโยงกิจกรรมการเรียนรู้กับชุมชน โดยเน้นให้นักเรียนมีโอกาสนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน สร้างโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสแบ่งปันความรู้ร่วมกับชุมชน
- 3.3 เนื่องจากความแตกต่างระหว่างผู้เรียนในด้านการใช้ประจักษ์พยานและการให้เหตุผล จึงควรเสนอแนะแนวทางการจัดกิจกรรมเสริมที่มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เช่น การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มย่อย หรือการใช้แบบฝึกหัดที่มีลำดับขั้น เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกกลุ่มสามารถพัฒนาทักษะได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ

สรุปผล

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกล เรื่อง พลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเฉพาะในบริบทของสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ส่งผลให้โรงเรียนหลายแห่งไม่สามารถจัดกิจกรรมในห้องปฏิบัติการจริงได้ การใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบทปฏิบัติการทางไกลจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้ นักเรียนยังสามารถเข้าถึงกระบวนการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนรวมเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจาก 2.44 เป็น 10.36 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนถึงพัฒนาการอย่างชัดเจนของนักเรียนในด้านสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะใน 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) แต่เมื่อตรวจสอบค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงถึงความกระจายของคะแนนในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ องค์ประกอบประจักษ์พยานเพิ่มขึ้นจาก 0.74 เป็น 1.06 และองค์ประกอบ การให้เหตุผลเพิ่มขึ้นจาก 0.08 เป็น 0.82 หลัง การเรียนรู้ แสดงถึงความแตกต่างของระดับความสามารถในกลุ่มนักเรียน กล่าวคือ มีนักเรียนบางส่วนที่สามารถเชื่อมโยง หลักฐานจากการทดลองกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างแม่นยำ ขณะที่บางกลุ่มยังคงไม่สามารถเลือกใช้หลักฐานที่ เหมาะสม หรือยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงกลไกทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ในส่วนของการบูรณาการเทคโนโลยี เช่น การแสดงผลการทดลองแบบเวลาจริง การจำลองสถานการณ์ผ่านสื่อดิจิทัล และการโต้ตอบกับข้อมูลการทดลอง ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงผลการทดลองกับแนวคิดทางฟิสิกส์ได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังช่วยขยายโอกาสทาง การศึกษาให้กับโรงเรียนที่ขาดแคลนอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ การเรียนรู้บทปฏิบัติการทางไกลในช่วงหลังการแพร่ระบาด ของ COVID-19 จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัล และเป็นรากฐานของทักษะการคิดขั้นสูงในศตวรรษที่ 21 สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ เทคโนโลยีการเรียนรู้แบบปรับตัว (Adaptive learning technologies) หรือปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อสนับสนุนการ เรียนรู้แบบสืบเสาะในรูปแบบทางไกล รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือประเมินที่สามารถวัดความก้าวหน้าในสมรรถนะการ อธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบด้านและมีความเที่ยงตรงทางวิชาการมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูและบุคลากรทุกท่าน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ปีการศึกษา 2564 ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยยึดหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด คำนึงถึงสิทธิ เสรีภาพและ สวัสดิภาพของผู้เข้าร่วม ตลอดจนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และให้ข้อมูลครบถ้วนก่อนตัดสินใจเข้าร่วม ผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัว ได้ตลอดเวลาโดยไม่มีผลกระทบ ข้อมูลได้รับการปกป้องด้วยมาตรการรักษาความลับงานวิจัยนี้ยึดหลักจริยธรรมสากล ได้แก่ ความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม แม้ไม่มีการรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของสถาบัน แต่ยังคงปฏิบัติตามมาตรฐานจริยธรรมอย่างครบถ้วน

References

- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: Biological Sciences Curriculum Study.
- Campbell, D. T. and Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. Gage (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 171–246). Chicago, IL: Rand McNally.
- Chaowakeeratiyapong, N. (2019). Enhancing the ability in constructing scientific explanations of learners by using the inquiry teaching method (in Thai). *Sukhothai Thammathirat Open University Journal of Education*, 12(1), 40-54.

- Galan, D., Isaksson, O., Rostedt, M., Enger, J., Hanstorp, D. and de la Torre, L. (2018). A remote laboratory for optical levitation of charged droplets. **European Journal of Physics**, 39(4), 045301.
- Kularatne, W. D., Dissawa, L. H., Ekanayake, T. M. S. S. K. and Ekanayake, J. B. (2021). **Developing and delivering a remote experiment based on the experiential learning framework during COVID-19 pandemic**.
- Lertdechaphat, K. and Limpanonphromrat, P. (2018). Effects of collaborative inquiry on ability in the scientific explanation making of lower secondary school students (in Thai). **Chulalongkorn University Journal of Education**, 46(2), 1-20.
- McNeill, K. L. and Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell, and J. Gess-Newsome (Eds.), **Science as inquiry in the secondary setting** (pp. 121-134). Arlington, VA: National Science Teacher Association Press.
- Ministry of Education. (2017). **Learning standards and indicators (Revised Edition 2017)** (in Thai). Bangkok: Kurusapa Ladphrao Publishing House.
- National Research Council. (2000). **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning**. Washington, DC: National Academy Press.
- Pastor, R. and Tobarra, L. (2020). Renewable energy remote online laboratories in Jordan universities: Tools for training students in Jordan. **Renewable Energy**, 149, 749-759.
- Putra, A. P. and Wulandari, S. (2021). The impact of renewable energy learning media based on local wisdom on critical thinking skills. **International Journal of Instruction**, 14(4), 123-138.
- Rangubtook, W. (2020). Thai students' competencies in the era of VUCA world transformation (in Thai). **Kurusapa Witayacharn Journal**, 1(1), 8-18.
- Saengprasert, B., Latuang, T. and Chuewatcharin, N. (2021). A study of learning achievement and scientific explanation on photosynthesis of eleventh grade students using inquiry-based instruction (7E) with scientific explanation strategy (in Thai). **Naresuan University Journal of Education**, 23(4), 67-78.
- Samuelsen, D. A. H. and Graven, O. H. (2016). Remote laboratories in engineering education-An overview of implementation and feasibility. **14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering Innovations for Global Sustainability**.
- Thyer, B. A. (2010). Pre-experimental and quasi-experimental research designs. In B. A. Thyer (Ed.), **The handbook of social work research methods** (2nd ed., pp. 183-204). SAGE Publications.
- Tirakananth, S. (2006). **Social science research methodology: A practical approach** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- UNESCO. (2021). COVID-19 educational disruption and response. Retrieved 1 November 2021, from **UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)**: <https://www.unesco.org/en/covid-19/education-response>
- Zurita, G. and Nussbaum, M. (2004). A constructivist mobile learning environment supported by a wireless handheld network. **Journal of Computer Assisted Learning**, 20(3), 235-243.