บทความวิจัย

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์*

THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES USING INTERACTIVE DEMONSTRATION BASED LECTURE INSTRUCTION ON THE TOPIC OF MAGNETIC FIELDS FOR PHYSICS STUDENTS

มัลลิกา หล้าพันธ์, อุดม ทิพราช, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา*

Mallika Lapunt, Udom Tipparach, Karntarat Wuttisela*

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี ประเทศไทย

Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

*Corresponding author E-mail: karntarat.w@ubu.ac.th

*Tel: 089-719-1940

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้นแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสนามแม่เหล็ก ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations: ILDs) 2) วิเคราะห์ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษา ผู้ร่วมวิจัย คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ทั้งหมดที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 14 คน เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ILDs เรื่องสนามแม่เหล็ก ชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino-based) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Wilcoxon Signed-Rank Test ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนเชิงสัมพัทธ์ (Normalized Gain) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Z = -3.308$, $p = .001$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's $d = 3.15$) 2) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาทั้งชั้นอยู่ในระดับสูง (Normalized Gain = 0.76) และ 3) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.83, S.D. = 0.39) ผลการวิจัยยืนยันว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเซนเซอร์วัดค่าทางฟิสิกส์ราคาประหยัดเข้ากับกิจกรรม ILDs สามารถช่วยลดข้อจำกัดด้านความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรม แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจน จึงเป็นแนวทางจัดการเรียนการสอนที่สถานศึกษาที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

* Received 26 August 2026; Revised 5 October 2026; Accepted 25 October 2026

คำสำคัญ: ความเข้าใจคลาดเคลื่อน, บรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์, สนามแม่เหล็ก, เทคโนโลยีเซนเซอร์ราคาประหยัด

Abstract

This study was pre-experimental research employing a one-group pretest-posttest design. The objectives were to 1) Compare students' learning achievement on magnetic fields before and after learning management using Interactive Lecture Demonstrations (ILDs), 2) Analyze the learning progress index, and 3) Study students' satisfaction. The participants were all 14 second-year physics students at Loei Rajabhat University who enrolled in the Electromagnetism course in the second semester of the 2024 academic year and consented to participate. The research instruments included ILDs learning activity packages on magnetic fields, a low-cost Arduino-based magnetic field measurement kit built on a microcontroller board, a learning achievement test, and a satisfaction assessment form. Statistics used for data analysis were the Wilcoxon Signed-Rank Test, mean, standard deviation, and Normalized Gain. The research results revealed that 1) Students' post-learning achievement scores were significantly higher than their pre-learning scores at the .05 level (Z = -3.308, p = .001), with a very large Effect Size (Cohen's d = 3.15); 2) The students' overall learning progress index was at a high level (Normalized Gain = 0.76); and 3) Students' overall satisfaction with the learning management was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.83, S.D. = 0.39). The research results confirm that integrating low-cost physics sensor technology with ILDs activities can effectively help reduce the limitations in understanding abstract concepts, correct learners' misconceptions, and clearly improve physics learning achievement, offering a practical instructional approach for institutions with limited budgets for advanced scientific measuring equipment.

Keywords: Misconceptions, Interactive Lecture Demonstrations, Magnetic Fields, Low-Cost Sensor Technology

บทนำ

ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์มักประสบปัญหาความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Misconception) ของผู้เรียนในเนื้อหาต่าง ๆ ซึ่งถือเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องได้รับการแก้ไข เนื่องจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้อาจหยั่งรากลึก ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ผิดพลาดและเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เนื้อหาในระดับสูง โดยเฉพาะหัวข้อ “สนามแม่เหล็ก” ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง ผู้เรียนมักเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ทั้งในเรื่องทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็ก ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก อีกทั้งยังขาดทักษะในการแยกแยะระหว่างแรงแม่เหล็กและแรงไฟฟ้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) สำหรับกลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพบหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่านักศึกษามีความเข้าใจ

คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กจริงจาก 3 แหล่งข้อมูล ได้แก่ 1) ผลการเรียนรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้าในปีการศึกษา 2566 ซึ่งพบนักศึกษาร้อยละ 66.67 ตอบข้อสอบในหัวข้อแม่เหล็กไฟฟ้าได้ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 โดยเฉพาะข้อคำถามเกี่ยวกับทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็กและไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก 2) ผลสำรวจความเข้าใจก่อนเรียนด้วยคำถามปลายเปิดในสัปดาห์แรกของภาคเรียน ซึ่งพบว่า นักศึกษา 9 คน จาก 14 คน อธิบายว่า เส้นสนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งเข้าหาขั้วเหนือของสนามแม่เหล็ก และเข้าใจว่าความเข้มสนามแม่เหล็กลดลงแบบเชิงเส้นตามระยะห่าง และ 3) คะแนนทดสอบก่อนเรียนในงานวิจัยนี้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเพียง 6.21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน (ร้อยละ 31.05) โดยประเด็นที่มีสัดส่วนการตอบถูกต่ำที่สุด คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กกับระยะห่าง และการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจากขดลวดไฟฟ้า (ร้อยละ 21.43) ข้อมูลทั้งสามแหล่งจึงเป็นเหตุผลสนับสนุนความจำเป็นในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มนี้

แม้จะมีการพัฒนารูปแบบการสอนที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว แต่การจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่เน้นการบรรยายเพียงอย่างเดียวก็ยังคงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและไม่สามารถช่วยให้ผู้เรียนส่วนใหญ่เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ (Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K., 1997); (Prince, M., 2004) ในขณะเดียวกัน งานวิจัยในปัจจุบันมักมุ่งเน้นการแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การใช้ระบบความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ของ Cai, S. et al., Dori, Y. J. & Belcher, J. หรือโครงการ TEAL ของ MIT ที่ใช้ภาพจำลองแบบ 2 มิติและ 3 มิติ (Cai, S. et al., 2017); (Dori, Y. J. & Belcher, J., 2004) แม้เทคโนโลยีเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ราคาสูงและห้องปฏิบัติการเฉพาะทาง ทำให้สถานศึกษาในท้องถิ่นที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณไม่สามารถเข้าถึงอุปกรณ์เหล่านี้ได้

จากการทบทวนวรรณกรรม พบช่องว่างสำคัญทางวิชาการ (Research Gap) กล่าวคือ งานวิจัยส่วนใหญ่มักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (วรวุฒิ บ่อคำ และคงศักดิ์ ธาตุทอง, 2555) ในขณะที่การศึกษาในกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาฟิสิกส์ ซึ่งถือเป็นบุคลากรที่ต้องมีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งยังมีอยู่จำกัด ยิ่งไปกว่านั้น แม้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations: ILDs) จะได้รับการยอมรับว่าช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K., 1997); (Sokoloff, D. R., 2016) แต่การบูรณาการ ILDs ร่วมกับชุดทดลองที่สร้างขึ้นเอง (Low-cost sensor technology) เพื่อแก้ปัญหาความเหลื่อมล้ำด้านงบประมาณในระดับอุดมศึกษายังคงเป็นประเด็นที่ต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม จึงกล่าวได้ว่ายังไม่มีการศึกษาที่บูรณาการรูปแบบ ILDs เข้ากับชุดทดลองราคาประหยัดสำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาสาขาฟิสิกส์อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นช่องว่างสำคัญที่งานวิจัยนี้มุ่งศึกษา

ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการพัฒนาชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัด (Arduino-based) เข้ามาบูรณาการร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ILDs เพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีความคุ้มค่าเชิงงบประมาณสำหรับสถานศึกษาที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ การวิจัยครั้งนี้ไม่เพียงแต่มีจุดประสงค์เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและส่งเสริมให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจให้ใกล้เคียงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่ยังเป็นการเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีเซนเซอร์เข้ากับกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนานักศึกษาฟิสิกส์

ให้มีความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน (Lapunt, M. et al., 2026) โดยอาศัยกระบวนการทำนายผลและอภิปรายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยเปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากผู้รับสารมาเป็นผู้ตรวจสอบความจริงเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง สนามแม่เหล็ก ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และช่วงความเชื่อมั่นของความแตกต่างนั้น

2. เพื่อวิเคราะห์ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา ทั้งในระดับรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายข้อคำถาม

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations: ILDs) ร่วมกับชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดที่พัฒนาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องสนามแม่เหล็ก ในครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขใบรับรอง UBU-REC-31/2568 โดยดำเนินการตามหลักจริยธรรมอย่างเคร่งครัด และได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักการที่เคารพในสิทธิของบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างและขอบเขตด้านเนื้อหา

ผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ นักศึกษาชั้นปี 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ทั้งหมดที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 และสมัครใจยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 14 คน ซึ่งเป็นการศึกษาจากประชากรทั้งหมดของห้องเรียน (total population study) มิใช่การสุ่มหรือการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยนี้กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาเป็นวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีสาระสำคัญ คือ สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า และไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มีดังนี้

1. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก

2. แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสนามแม่เหล็ก โดยจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ จำนวน 2 แผน (รวม 8 ชั่วโมง) สำหรับนักศึกษาชั้นปี 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องสนามแม่เหล็ก รูปแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice) จำนวน 20 ข้อ โดยมีการวัดระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาของบลูม ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) รายข้ออยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00

4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ จำนวน 15 ข้อ ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการนำไปใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านการวัดผลและประเมินผล

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องสนามแม่เหล็ก

1. ศึกษารูปแบบ ลักษณะสำคัญและองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้และวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องสนามแม่เหล็ก ในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า ให้สอดคล้องกับโครงสร้างหลักสูตร และคำอธิบายรายวิชา

2. ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดโดยใช้ Arduino (Lapunt, M. et al., 2026)

3. ออกแบบชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก โดยแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม กิจกรรมละ 4 ชั่วโมง ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร จัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการจำแนกแม่เหล็กและหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก การวัดค่าสนามแม่เหล็ก และความพันธ์ของระยะทางในการวัดสนามแม่เหล็กกับความเข้มสนามแม่เหล็กและไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก และ กิจกรรมที่ 2 สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า จัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการหาทิศทางของสนามแม่เหล็กในขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้า การเกิดสนามแม่เหล็กในขดลวด การวัดค่าสนามแม่เหล็ก และความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการวัดสนามแม่เหล็กกับความเข้มสนามแม่เหล็ก และไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก

4. สร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก โดยแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม กิจกรรมที่ 1 เป็นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร และกิจกรรมที่ 2 เป็นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

5. นำใบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมิน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีประสบการณ์สอนไม่ต่ำกว่า 15 ปี

6. นำผลการประเมินใบกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ของ Chueachot, S. et al. ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.67 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของใบกิจกรรมมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน (Chueachot, S. et al., 2013)

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องสนามแม่เหล็ก

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ

2. ออกแบบและสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องสนามแม่เหล็ก รูปแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple-choice) จำนวน 20 ข้อ โดยมีการวัดระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาของบลูม ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องสนามแม่เหล็กเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ศึกษาที่มีประสบการณ์ทางด้านการสอนหรือการพัฒนาแบบทดสอบ และเป็นผู้ที่สอนอยู่ในระดับอุดมศึกษามากกว่า 15 ปี จำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ (เนื่องจากความไม่พร้อมเรื่องกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือผู้วิจัยจึงพิจารณาเฉพาะค่า IOC)

4. วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ (Item-Objective Congruence Index: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 คัดเลือกข้อคำถามเพื่อจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

2. กำหนดกรอบเนื้อหาและข้อคำถามจะนำมาสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3. ออกแบบและสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ จำนวน 15 ข้อ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert, R., 1932)

4. นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม ความถูกต้องด้านภาษา

5. วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความพึงพอใจของผู้เรียนกับตัวชี้วัด (Index of Consistency: IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป คัดเลือกข้อคำถามเพื่อจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยได้อธิบายชี้แจงทำข้อตกลงการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสนามแม่เหล็กในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที ในการทำแบบทดสอบ

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสนามแม่เหล็ก ใช้เวลาสอน 2 สัปดาห์ (4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์) รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง ตามกระบวนการสอนแบบแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์

4. นักศึกษาทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที ในการทำแบบทดสอบ จากนั้นตรวจและบันทึกคะแนน

5. นักศึกษาตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้ศึกษาค้นคว้าทำการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพ และคุณภาพชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก และแบบวัดความพึงพอใจมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก นำผลการประเมินใบกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ของ Chueachot, S. et al. ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.67 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (Chueachot, S. et al., 2013)

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สนามแม่เหล็ก ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริก (Non-parametric) Wilcoxon Signed-Rank Test เป็นสถิติทดสอบหลักเนื่องจากผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่า ผลต่างคะแนนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ และมีจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยน้อย (N = 14) พร้อมคำนวณขนาดอิทธิพลที่สอดคล้องกับสถิตินอนพาราเมตริก คือ $r = Z/\sqrt{N}$ สำหรับค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean Difference) ช่วงความเชื่อมั่น 95% และค่า Cohen's d ผู้วิจัยรายงานไว้เป็นการวิเคราะห์เสริมเชิงพรรณนาเพื่อแสดงขนาดของการเปลี่ยนแปลงในหน่วยคะแนนและเพื่อตรวจสอบความคงทนของข้อสรุป มิใช่การทดสอบนัยสำคัญซ้ำด้วยสถิติพาราเมตริก การตัดสินนัยสำคัญทางสถิติทั้งหมดในงานวิจัยนี้อ้างอิงจากผลทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test เท่านั้น

3. วิเคราะห์ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน (Gain Score/Normalized Gain) ของนักศึกษา ทั้งในระดับรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายข้อคำถาม (Hake, R. R., 1998)

4. วิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักศึกษาโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

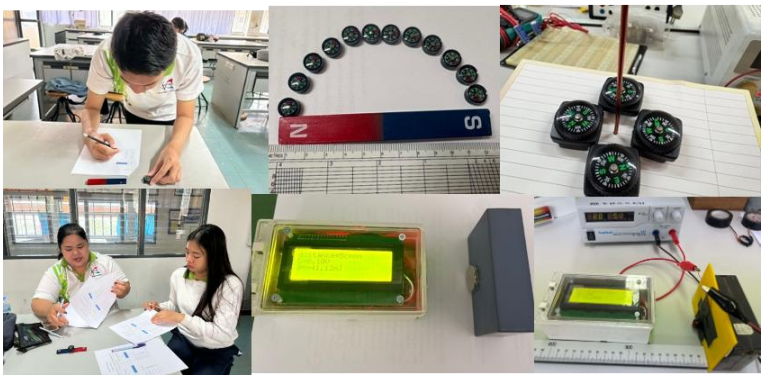
1. ผลการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก พบว่า องค์ประกอบของใบกิจกรรมมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.86 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้วอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก

2. ผลของการจัดกิจกรรมการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก แบ่งเป็น

2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก พบว่า ผลการศึกษาการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษา จำนวน 14 คน โดยใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test เนื่องจากการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่า ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (Mean = 16.64, S.D. = 1.59) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (Mean = 6.21, S.D. = 2.33) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Z = -3.308$, $p = .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของสถิตินอนพาราเมตริกอยู่ในระดับใหญ่ $r = Z/\sqrt{N} = 0.88$ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณารายบุคคล พบว่า นักศึกษาทั้งหมดมีทิศทางคะแนนการประเมินหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพการจัดกิจกรรมการสอนแสดงดังภาพที่ 1

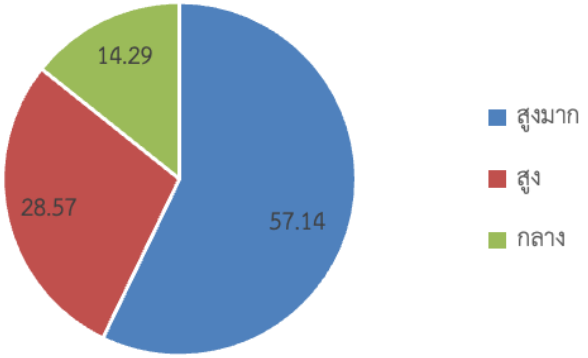
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test

การทดสอบ	N	mean	S.D.	Z	p-value
ก่อนเรียน	14	6.21	2.33	-3.308	0.001
หลังเรียน	14	16.64	1.59		



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง สนามแม่เหล็ก

2.2 ผลการประเมินพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสนามแม่เหล็ก ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรพัฒนาการสัมพัทธ์และระดับพัฒนาการตามเกณฑ์ประเมินการประเมินพัฒนาการ พบว่า นักศึกษามีระดับพัฒนาการทางการเรียนเรื่องสนามแม่เหล็กอยู่ในระดับพัฒนาการที่สูงมาก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 57.14 มีพัฒนาการระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 พัฒนาการระดับกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 14.29 ดังแสดงในภาพที่ 2 ทั้งนี้เกณฑ์การแปรผลพัฒนาการสัมพัทธ์ในข้อ 2.2 เป็นเกณฑ์ที่แตกต่างจากเกณฑ์ดัชนีความก้าวหน้าเชิงสัมพัทธ์ (Normalized Gain) ของ Hake ในข้อ 3 จำนวนนักศึกษาในแต่ละระดับจึงไม่จำเป็นต้องตรงกัน



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงร้อยละพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สนามแม่เหล็ก

2.3 ผลการวิเคราะห์เสริมเชิงพรรณนาด้วยความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean Difference) และช่วงความเชื่อมั่น 95% เพื่อแสดงขนาดของการเปลี่ยนแปลงในหน่วยคะแนน (ไม่ใช่การทดสอบนัยสำคัญซ้ำ) พบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 14 คน มีค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน (Mean Difference) เท่ากับ 10.43 คะแนน (16.64 - 6.21) โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95% อยู่ระหว่าง 8.52 ถึง12.34 คะแนน ซึ่งไม่ครอบคลุมค่าศูนย์ และเมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลด้วยค่า Cohen's d พบว่า มีค่าเท่ากับ 3.15 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก (Large Effect) สอดคล้องกับขนาดอิทธิพลของสถิตินอนพาราเมตริก (r = 0.88) ผลการวิเคราะห์เสริมนี้ให้ข้อสรุปในทิศทางเดียวกับผลทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test จึงสนับสนุนว่าการเปลี่ยนแปลงที่พบมีขนาดใหญ่และมีความหมายในเชิงปฏิบัติ ดังแสดงในตารางที่ 2

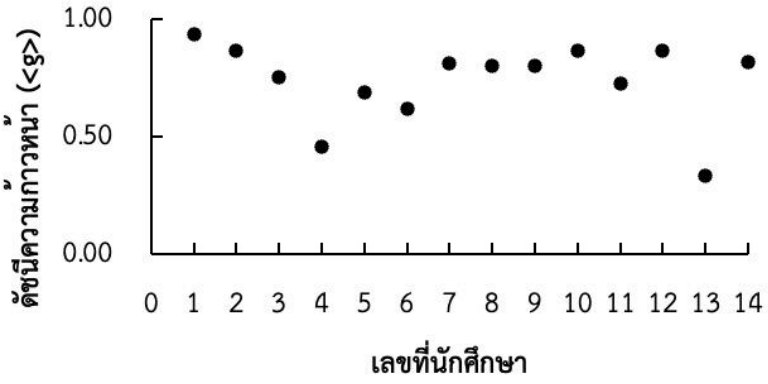
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean Difference) และช่วงความเชื่อมั่น (95% Confidence Interval)

รายการ	ค่าที่ได้
Mean Difference	10.43
95% Confidence Interval	8.52 ถึง 12.34
Effect Size (d) (สำหรับกลุ่มสัมพันธ์กัน)	3.15 (Very Large)
ขนาดอิทธิพลของสถิตินอนพาราเมตริก $r = Z/\sqrt{N}$	0.88 (Large)

3. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน (Gain Score/Normalized Gain) ของนักศึกษาทั้งในระดับรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายข้อคำถาม โดยผลการวิจัย ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายชั้นเรียน จากการวิเคราะห์ความก้าวทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักศึกษาทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 จัดอยู่ในระดับสูง (High Gain) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่านักศึกษาทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงถึงร้อยละ 76.00

3.2 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคล เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 9 คน และต่ำกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 64.29 และ ร้อยละ 35.71 ตามลำดับ จากการพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (Normalized Gain: <g>) และแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ พบว่า นักศึกษาที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูง จำนวน 10 คน และระดับปานกลาง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43 และร้อยละ 28.57 ตามลำดับ และมีนักศึกษาที่สอบได้คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าค่ามาตรฐาน (0.5) จำนวน 12 คน และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 85.71 และร้อยละ 14.29 ตามลำดับ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารายบุคคล

3.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อคำถาม ผู้วิจัยรายงานผลรายข้อโดยจัดกลุ่มข้อคำถามทั้ง 20 ข้อ ออกเป็นประเด็นความคิดหลัก 11 ประเด็น ตามเนื้อหา 3 ส่วน ดังรายละเอียดจำนวนข้อในตารางที่ 3 ถึง 5 ในภาพรวม พบว่า นักศึกษามีความก้าวหน้าทางการเรียนรายประเด็นเพิ่มขึ้นในทุกประเด็น โดยมีค่าเฉลี่ยดัชนีความก้าวหน้ารายประเด็นเท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางค่อนไปทางสูง และทุกประเด็นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.30

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นของเนื้อหาที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กถาวร (ตารางที่ 3) พบว่า สัดส่วนนักศึกษาที่ตอบถูกหลังเรียนเพิ่มขึ้นในทุกประเด็น และมีค่าเฉลี่ยดัชนีความก้าวหน้ารายประเด็นเท่ากับ 0.6 0 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยจำแนกเป็นประเด็นที่อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 4 ประเด็น (<g> = 0.38 - 0.60) และระดับสูง จำนวน 1 ประเด็น (<g> = 0.84) ทุกประเด็นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.30 และมี 4 ประเด็นที่สูงกว่า 0.50 สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักศึกษาเข้าใจและวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กถาวรได้ดีขึ้น

ตารางที่ 3 จำนวนนักศึกษา (ร้อยละ) ที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของเนื้อหา สนามแม่เหล็กถาวร

คำถามที่/ประเด็นความคิดหลัก	จำนวนข้อ	จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูก (ร้อยละ)			
		ก่อน	หลัง	<g>	แปลผล
1. ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก	1	50.00	78.57	0.57	ปานกลาง
2. คุณสมบัติของแม่เหล็ก	1	64.29	85.71	0.60	ปานกลาง
3. สนามแม่เหล็กโลก	1	42.86	64.29	0.38	ปานกลาง
4. ความสัมพันธ์ของความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่าง	1	28.57	71.43	0.60	ปานกลาง
5. การตรวจสอบทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก	3	23.81	88.10	0.84	สูง
เฉลี่ย		**41.91**	**77.62**	**0.60**	**ปานกลาง**

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นของเนื้อหาที่ 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ตารางที่ 4) พบว่า สัดส่วนนักศึกษาที่ตอบถูกหลังเรียนเพิ่มมากขึ้นในทุกประเด็น และมีค่าเฉลี่ยดัชนีความก้าวหน้ารายประเด็นเท่ากับ 0.75 ซึ่งอยู่ในระดับสูง โดยจำแนกเป็นประเด็นที่อยู่ในระดับสูง จำนวน 2 ประเด็น (<g> = 0.78 และ 0.91) และระดับปานกลาง จำนวน 1 ประเด็น (<g> = 0.56) ทั้งนี้ ทุกประเด็นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.50 สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักศึกษาเข้าใจและวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กรอบขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4 จำนวนนักศึกษา (ร้อยละ) ที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของเนื้อหาสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

คำถามที่/ประเด็นความคิดหลัก	จำนวนข้อ	จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูก (ร้อยละ)			
		ก่อน	หลัง	<g>	แปลผล
1. สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบเส้นลวดตรง	1	35.71	85.71	0.78	สูง
2. การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กจากขดลวดไฟฟ้า	1	21.43	92.86	0.91	สูง
3. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในลวดวงกลม	1	35.71	71.43	0.56	ปานกลาง
เฉลี่ย		**30.95**	**83.33**	**0.75**	**สูง**

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นของเนื้อหาที่ 3 เรื่องเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กและไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก (ตารางที่ 5) พบว่า สัดส่วนนักศึกษาที่ตอบถูกหลังเรียนเพิ่มขึ้นในทุกประเด็น และมีค่าเฉลี่ยดัชนีความก้าวหน้ารายประเด็นเท่ากับ 0.72 ซึ่งอยู่ในระดับสูง โดยจำแนกเป็นประเด็นที่อยู่ในระดับสูง จำนวน 2 ประเด็น (<g> = 0.72 และ 0.87) และระดับปานกลาง จำนวน 1 ประเด็น (<g> = 0.56) ทั้งนี้ ทุกประเด็นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.50 สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักศึกษาเข้าใจและวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กและไดโพลโมเมนต์แม่เหล็กได้ดีขึ้น

ตารางที่ 5 จำนวนนักศึกษา (ร้อยละ) ที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของเนื้อหาเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กและไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก

คำถามที่/ประเด็นความคิดหลัก	จำนวนข้อ	จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูก (ร้อยละ)			
		ก่อน	หลัง	<g>	แปลผล
1. เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็ก	1	35.71	71.43	0.56	ปานกลาง
2. ไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก	5	32.86	81.43	0.72	สูง
3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็ก (B) กับระยะห่าง (r)	4	16.07	89.28	0.87	สูง
เฉลี่ย		**28.21**	**80.71**	**0.72**	**สูง**

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ พบว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.39)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ จำนวน 14 คน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหา	4.83	0.41	มากที่สุด
2. ด้านการนำไปใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน	4.80	0.41	มากที่สุด
3. ด้านการวัดผลและประเมินผล	4.86	0.36	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.83**	**0.39**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 6 พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสนามแม่เหล็กอยู่ในระดับมากที่สุด 4.83 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.39 เมื่อพิจารณา ด้านเนื้อหา พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมคะแนนพึงพอใจของผู้เรียนเท่ากับ 4.83 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.41 ด้านการนำไปใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมคะแนนพึงพอใจของผู้เรียนเท่ากับ 4.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.41 และด้านการวัดผลและประเมินผล พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมคะแนนพึงพอใจของผู้เรียนเท่ากับ 4.86 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.36

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILDs) เรื่องสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม ILDs ผลการศึกษาพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของนักศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Z = -3.308$, $p = .001$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับใหญ่ ($r = 0.88$) (Cohen's $d = 3.15$) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ของ Prince, M. และทฤษฎีการสร้างความรู้ของ Piaget, J. ที่เน้นย้ำว่าผู้เรียนจะเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเมื่อมีส่วนร่วมในการคิด ลงมือปฏิบัติ และเผชิญกับสถานการณ์ที่ท้าทายความเข้าใจเดิม กระบวนการของ ILDs ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทำนายผลและอภิปรายร่วมกับเพื่อนก่อนการสาธิตจริง ช่วยกระตุ้นให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นำไปสู่การปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change) ที่ถูกต้อง (Prince, M., 2004); (Piaget, J., 1973) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rachniyom, S. et al. ที่กล่าวว่ากิจกรรม ILDs ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rachniyom, S. et al., 2017) ตลอดจนสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญวิทย์ คำเจริญ และขวัญหทัย กวดนอก, Neo, C. S. & Yap, K. C. ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเชิงรุกและการสอนด้วยการสาธิตเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดมโนคติ (PORE) สามารถยกระดับความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชาญวิทย์ คำเจริญ และขวัญหทัย กวดนอก, 2567); (Neo, C. S. & Yap, K. C., 2009) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สิรภัทร สวัสดิกุล และอัมพร วัจนะ ที่ชี้ให้เห็นว่านวัตกรรมการเรียนรู้เชิงรุกสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 5 ของนักเรียนได้อย่างโดดเด่นเมื่อเทียบกับการสอนปกติ (สิรภัทร สวัสดิกุล และอัมพร วัจนะ, 2568)

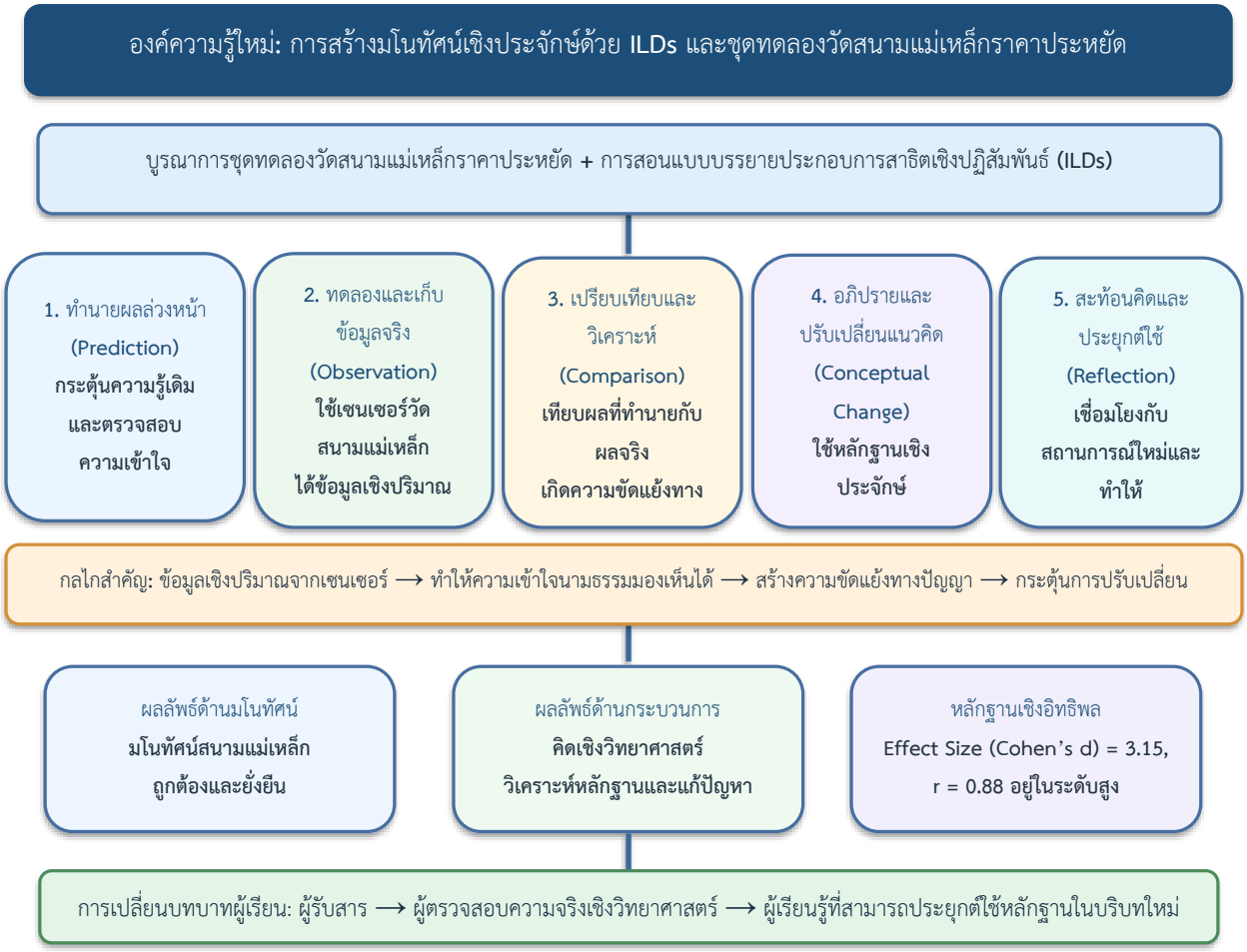
2. ผลการศึกษาดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา พบว่า ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาทั้งชั้นอยู่ในระดับสูง (Normalized Gain = 0.76) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักศึกษามีการพัฒนาองค์ความรู้เชิงลึกอย่างเด่นชัด ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hake, R. R., Sokoloff, D. R. ที่ยืนยันว่าการเรียนรู้เชิงรุกช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ฟิสิกส์ผ่านการลงมือทำจริง (Hake, R. R., 1998); (Sokoloff, D. R., 2016) การที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดแบบ Arduino-based ทำให้นักศึกษาเห็นตัวเลขและกราฟการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในเชิงปริมาณได้อย่างเป็นรูปธรรมและทันที (Real-time data) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dori, Y. J. & Belcher, J. ที่อธิบายว่า การเชื่อมโยงภาพตัวแทนที่หลากหลาย (Multiple Representations) และการทดลองจำลองที่เห็นผลชัดเจน ช่วยลดอุปสรรคในการทำความเข้าใจเรื่องเวกเตอร์และกฎที่ซับซ้อนของสนามแม่เหล็ก (Dori, Y. J. & Belcher, J., 2004) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังให้ข้อมูลเบื้องต้นว่า ในบริบทที่สถานศึกษามีข้อจำกัดด้านงบประมาณ เทคโนโลยีเซนเซอร์ราคาประหยัดอาจเป็นทางเลือกที่ใช้แทนอุปกรณ์ราคาสูงได้ โดยยังคงให้ผลสัมฤทธิ์ในระดับที่น่าพึงพอใจและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภูสิทธิ์ จันทนา และสุระ วุฒิพรหม ที่ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย - สังเกต - อธิบาย สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภูสิทธิ์ จันทนา และสุระ วุฒิพรหม, 2558)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ (ILDs) พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการสอนแบบบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์ (ILDs) ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.39) สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้นี้ไม่เพียงแต่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ แต่ยังสร้างสภาพแวดล้อมที่สนุกสนาน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยลดความวิตกกังวลในการเรียนวิชาคำนวณที่ยาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prince, M., วรวุฒิ บ่อคำ และคงศักดิ์ ธาตุทอง ที่รายงานว่าเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้คิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และสร้างสรรค์ชิ้นงาน จะทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการและพึงพอใจต่อการเรียนในระดับสูง (Prince, M., 2004); (วรวุฒิ บ่อคำ และคงศักดิ์ ธาตุทอง, 2555) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ananda, S. R. et al. ที่พบว่า รูปแบบ ILDs สามารถปรับปรุงเจตคติเชิงบวกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองจริงช่วยลดความรู้สึกกลัววิชาที่ซับซ้อนและเพิ่มความมั่นใจในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี (Ananda, S. R. et al., 2019)

ผลการวิจัยทั้ง 3 ประเด็นดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการจัดการเรียนรู้แบบ ILDs ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำนายผล การทดลอง การเปรียบเทียบผล การอภิปราย และการสะท้อนคิด ดังแสดงในภาพที่ 4 กระบวนการทำนายผลก่อนการทดลองจริงกระตุ้นให้นักศึกษาต้องดึงความรู้เดิมออกมาใช้และเผชิญกับความขัดแย้งทางปัญญาเมื่อผลการทดลองไม่ตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change) ในขณะเดียวกัน ชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดที่พัฒนาจากบอร์ด Arduino มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแนวคิดสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นนามธรรม และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้กลายเป็นข้อมูลตัวเลขและกราฟที่เป็นรูปธรรมและสามารถสังเกตได้แบบทันที (Real-time data) ทำให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลองจริงได้อย่างชัดเจน และนำไปสู่การอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนคิดและปรับความเข้าใจให้ถูกต้อง กระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนนี้จึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการสร้างมโนทัศน์เชิงประจักษ์ และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับสูงดังที่ปรากฏ

องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดเข้ากับรูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILDs) ซึ่งยกระดับกระบวนการเรียนรู้ฟิสิกส์ไปสู่ “การสร้างมโนทัศน์เชิงประจักษ์” อย่างเป็นรูปธรรม ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสร้างมโนทัศน์เชิงประจักษ์ด้วย ILDs และชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัด

กล่าวคือ งานวิจัยนี้บูรณาการชุดทดลองวัดสนามแม่เหล็กราคาประหยัดร่วมกับการสอนแบบ ILDs เพื่อให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ผ่านกระบวนการทำนาย ทดลอง เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และสะท้อนคิด ส่งผลให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้ใกล้เคียงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยผลการวิจัยแสดงถึงประสิทธิผลของรูปแบบดังกล่าวด้วยขนาดอิทธิพลระดับใหญ่ ($r = 0.88$ และ Cohen’s $d = 3.15$) และช่วยเปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากผู้รับความรู้สู่ผู้ตรวจสอบข้อมูลเชิงประจักษ์

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสนามแม่เหล็กของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Z = -3.308, p = .001) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's d = 3.15) 2) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาทั้งชั้นอยู่ในระดับสูง (Normalized Gain = 0.76) สะท้อนการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์อย่างชัดเจน และ 3) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.39) แสดงว่ารูปแบบดังกล่าวส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่า 1) สถานศึกษาควรสนับสนุนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่บูรณาการเทคโนโลยีเซนเซอร์ราคาประหยัด เพื่อลดข้อจำกัดด้านงบประมาณและเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ 2) ผู้สอนสามารถนำกระบวนการทำนาย - ทดลอง - สะท้อนคิด และชุดทดลองที่ออกแบบเองไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาฟิสิกส์ด้านอื่น เช่น ไฟฟ้าและกลศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการวิเคราะห์และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และ 3) การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายกลุ่มเป้าหมายให้ครอบคลุมผู้เรียนที่หลากหลายระดับขึ้น ศึกษากระบวนการเรียนรู้เชิงลึกด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ เช่น การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารภายในกลุ่ม (Discourse Analysis) ตลอดจนพัฒนาชุดทดลองให้เชื่อมต่อกับเทคโนโลยีดิจิทัลที่ทันสมัย เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในยุคดิจิทัลอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

ชาญวิทย์ คำเจริญ และขวัญหทัย กวดนอก. (2567). การบรรยายเชิงสาธิตแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องกระบวนการความดันคงที่โดยตุ๊กตาฉี่. Journal of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University, 4(2), 1-11.

ภูสิทธิ์ จันทนา และสุระ วุฒิพรหม. (2558). การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายเพื่อยกระดับความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 6(1), 1-13.

วรวุฒิ บ่อคำ และคงศักดิ์ ธาตุทอง. (2555). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับคำถามปลายเปิดเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์และผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 6(2), 157-167.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์: ฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิรภัทร สวัสดิกุล และอัมพร วัจนะ. (2568). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้แอปพลิเคชันแชทบอทร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 5 และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 8(1), 32-41.

Ananda, S. R. et al. (2019). Students' attitude toward science in junior high school after follow science learning used ILD model assisted science magic. Journal of Physics: Conference Series, 1157(2), 1-6.

Cai, S. et al. (2017). Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. Interactive Learning Environments, 25(6), 778-791.

Chueachot, S. et al. (2013). The Development of an Assessment for Learning Model for Elementary Classroom. International Education Studies, 6(9),119-124.

Dori, Y. J. & Belcher, J. (2004). Learning Electromagnetism with Visualizations and Active Learning. Visualization: Technology-mediated progressive pedagogical advancements, 187-216. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_11.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64-74.

Lapunt, M. et al. (2026). Development of a low-cost teslameter for study a magnetic dipole moment of permanent neodymium magnets. Physics Education, 61(3), https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae5d14.

Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. New York: The Science Press.

Neo, C. S. & Yap, K. C. (2009). The effect of classroom demonstrations based on conceptual change instruction on students' understanding of electromagnetism and electromagnetic induction. Singapore: National Institute of Education.

Piaget, J. (1973). To understand is to invent : the future of education. Glashütte: Grossman.

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education, 93, 223-231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.

Rachniyom, S. et al. (2017). Development of the Concept of Energy Conservation using Simple Experiments for Grade 10 Students. Journal of Physics: Conference Series, 901, https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012124.

Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. The Physics Teacher, 35(6), 340-347.

Sokoloff, D. R. (2016). Active Learning Strategies for Introductory Light and Optics. The Physics Teacher, 54(1), 18-22.