ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับชุดการเรียนรู้ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Effect of Predict-Observe-Explain Instructional Model with Learning Packages of Force on Straight Wire in Magnetic Field with Students' Matthayom Suksa 6

เอกพล รัตนฉายา[1] นครินทร์ พัฒนบุญมี[2] แสงกฤช กลั่นบุศย์[3*] และ นฤมล เอมะรัตต์[4]

Aekkapon Rattanachaya [1] Nakarin Pattanaboonmee [2] Saengkrit Klunboot[3*] and Narumon Emarat[4]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , aekkapon.akp@mail.kmutt.ac.th
(Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi)
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , nakarin.pat@mail.kmutt.ac.th
(Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi)
[3]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th
(Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi)
[4]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , narumon.ema@mahidol.ac.th
(Faculty of Science, Mahidol University)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กผ่านการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายร่วมกับชุดการเรียนรู้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความเข้าใจ และชุดทดลอง ซึ่งติดตั้งโดยให้ลวดตัวนำอยู่ระหว่างกลางของแท่งแม่เหล็กสองแท่ง ต่อลวดกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แล้วสังเกตการขยับของลวดตัวนำที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปลี่ยนระยะห่างของแท่งแม่เหล็ก และมุมของลวดตัวนำ แล้วนำไปใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 33 คน ผลที่ได้พบว่า ความเข้าใจที่ถูกต้องของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำต่อลวดตัวนำกับระยะห่างแท่งแม่เหล็กคิดเป็นร้อยละ 6.1 และ 76.7 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำต่อลวดตัวนำกับความยาวลวด และมุมลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กคิดเป็นร้อยละ 6.1 และ 80.0 ตามลำดับ ซึ่งพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีร้อยละความเข้าใจที่ถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายร่วมกับการใช้ชุดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจที่ถูกต้องของนักเรียนเกี่ยวกับแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กได้

คำสำคัญ: การสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop students' understanding of the force on a straight wire in the magnetic field through the Predict-Observe-Explain (POE) teaching method, which included a lesson plan, conceptual test, and demonstration set was designed. The demonstration set was installed by a straight wire connected with a DC power source between the middle of two bar magnets. Then, the movement of straight wire was observed when it was adjusted by the distance of bar magnets and angle of straight wire. After that, it was tested on the experimental group which consisted of 30 students. Compared with the control group that was studied in normal learning about 33 students. The correct conceptual understanding from the control group and experimental group the relationship between the

force on a straight wire and bar magnets' distance was 6.1% and 76.7% respectively, the relationship between the force on a straight wire and angle of a straight wire with the magnetic field were 6.1% and 80.0% respectively. The students' experimental group got a higher correct conceptual understanding of statistical significance .05 level. The research indicated that using Predict-Observe-Explain (POE) teaching method incorporated with a learning kit can develop the students' understanding of the force on a straight wire in the magnetic field.

KEYWORDS: Predict–Observe–Explain Method, Magnetic Force, Magnetic Field

---

**Corresponding author, E-mail: saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th โทร. 086-3439558*
Received: 30 November 2020 /Revised: 20 January 2021 / Accepted: 25 January 2021 / Published online: 30 December 2021

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญเนื่องจากเกี่ยวข้องกับทุกคนในการดำรงชีวิตประจำวัน อีกทั้งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้เกิดการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี และผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิต ดังนั้นการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ความสามารถ แต่สภาพปัญหาการพัฒนาเยาวชนทางด้านวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่า นักเรียนขาดทักษะกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้ ซึ่งจะสามารถนำทักษะกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีเหตุผล และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (สมสมัย จิรพัทธ์พงศกร, 2554) โดยเฉพาะในส่วนของวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นรากฐานของความรู้ และมีความสำคัญต่อการส่งเสริมสมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันครูจะเน้นที่ผลสุดท้ายของการทำแบบฝึกหัดมากกว่าการทำให้นักเรียนเข้าใจในแนวคิดหลักทางฟิสิกส์ (ปทุม ช่องคันปอน, 2558) การเรียนการสอนส่วนใหญ่จะใช้การบรรยาย ทำให้นักเรียนไม่เกิดกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องหาเทคนิคการสอนหรือกิจกรรมที่สามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อให้เกิดกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่จากความรู้หรือความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ โดยผ่านการะบวนการลงมือปฏิบัติ และเรียนรู้จากการสังเกตเพื่อเชื่อมโยงความรู้ชุดเดิมกับความรู้ชุดใหม่เข้ากับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการสอนที่มีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน เน้นให้นักเรียนได้คิดทำนาย สังเกตและใช้ภาษาอธิบายข้อค้นพบที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนคิดเป็น โดยสร้างองค์ความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้ประสบการณ์และบริบททางสังคม สิ่งแวดล้อม และประสบการณ์ที่ได้รับ (พนิตานันท์ วิเศษแก้ว, 2553) วิธีการจัดการเรียนรู้นี้จะทำให้นักเรียนเปลี่ยนความเข้าใจเดิมเป็นความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (น้ำค้าง จันเสริม, 2551) สำหรับเนื้อหาสาระในเรื่องแรงแม่เหล็กเป็นหัวข้อหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่เป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนหัวข้ออื่น โดยเรื่องแรงแม่เหล็กนักเรียนมักเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในส่วนของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับแรงที่จะกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กที่สามารถใช้ในการอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้ และความรู้ส่วนหนึ่งยังช่วยให้รู้จักการใช้งานที่เหมาะสมของมอเตอร์ซึ่งสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำงานของมอเตอร์ในเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยสาเหตุที่นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นเพราะสาระการเรียนรู้ค่อนข้างยากและไม่เป็นรูปธรรม (เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) อีกทั้ง ยังไม่มีสื่อหรือการทดลองที่สามารถทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะของแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยการออกแบบ และสร้างชุดทดลองเรื่องแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก โดยพิจารณาจากสภาพปัญหาการเรียนการสอน และผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในวิชาฟิสิกส์เป็นหลัก และต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการทฤษฎี ของสนามและแรงแม่เหล็ก เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และปรับปรุงการเรียนการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างชุดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก
2. เพื่อพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับชุดการเรียนรู้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของบุคคลในการตีความและลงข้อสรุปเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการ ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงในการลงข้อสรุป และต้องมีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง
2. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความเข้าใจที่ได้มาจากแนวความคิดหรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความรู้ที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ ความคิดสำคัญหรือความคิดรวบยอดที่แตกต่างไปจากความเป็นจริง และเป็นความคิดที่ต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ อาจได้มาจากประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ของแต่ละบุคคล
3. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนตามหลักสูตรแกนกลางโดยใช้การสอนแบบบรรยาย
4. การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัควิสต์ โดยการนำความรู้เดิมมาเป็นฐานในการ สร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเอง ผ่านกระบวนการทำนาย เสาะหา สังเกตด้วยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายเพื่อสรุปองค์ความรู้เป็นของตนเอง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นได้จากการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับชุดการเรียนรู้
2. สามารถนำไปอ้างอิงในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในเนื้อหาอื่นๆโดยใช้ผลการวิเคราะห์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) โดยมีกลุ่มทดลองกลุ่มเดียวและทำการทดสอบเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยมีการเลือกกลุ่มทดลองแบบเจาะจง (purposive selection) ซึ่งผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ใบรับรองเลขที่ KMUTT-IRB-COA 2020-032 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีรายละเอียดแบบแผนการวิจัยมีดังนี้

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 6 ห้อง รวมจำนวนนักเรียน 240 คน

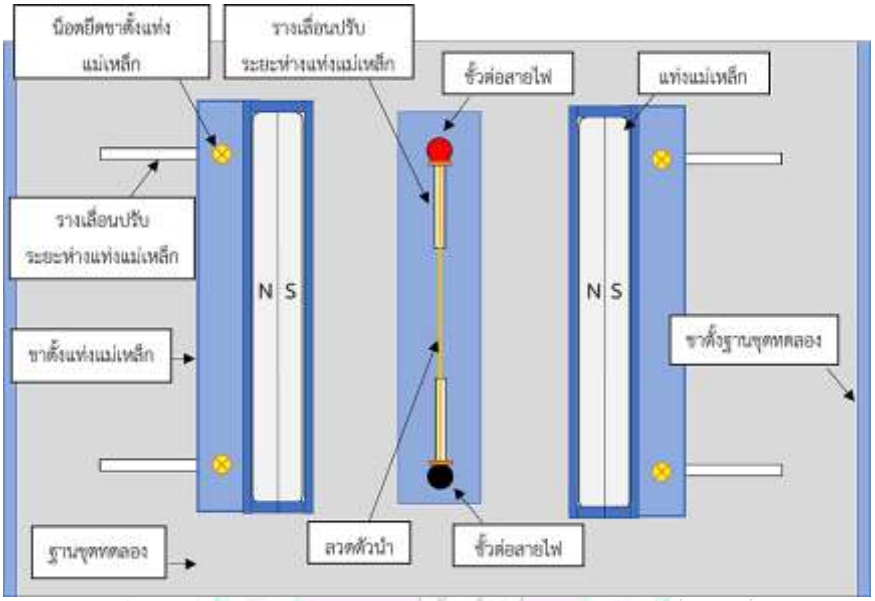
กลุ่มตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยมีการเลือกแบบเจาะจงกลุ่มทดลอง 1 ห้องรวมจำนวนนักเรียน 30 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องรวมจำนวนนักเรียน 33 คน

เครื่องมือวิจัย

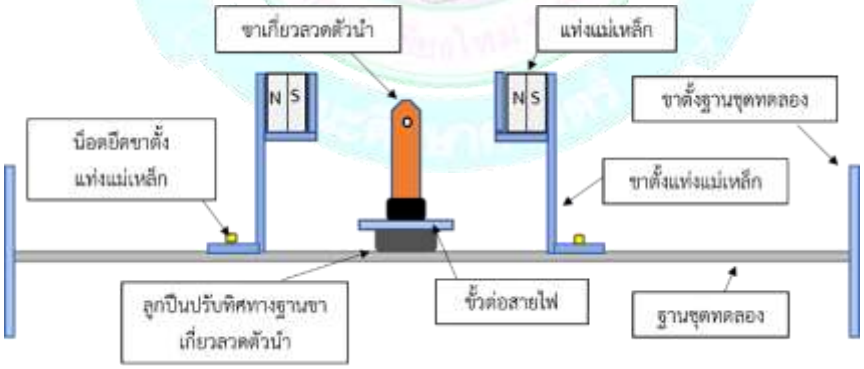
การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ชุดการเรียนรู้ ประกอบด้วยชุดทดลองและแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก มีลักษณะดังนี้

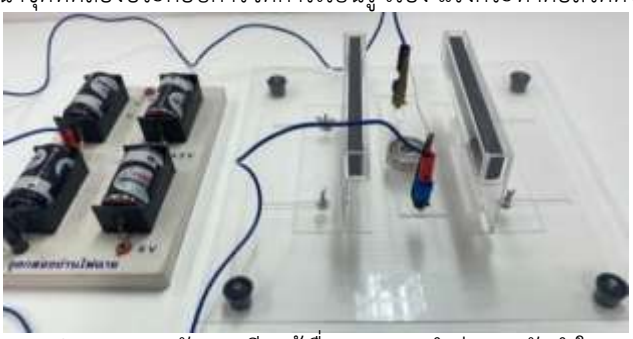
1.1 ชุดทดลอง ชุดทดลองเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ซึ่งติดตั้งโดยให้ลวดตัวนำทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.35 มิลลิเมตรที่ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 6 โวลต์ อยู่ระหว่างกลางของแท่งแม่เหล็กสองแท่งที่มีขั้วเหนือและขั้วใต้หันเข้าหากันตามแนวยาว แล้วสังเกตการขยับของลวดตัวนำที่เปลี่ยนแปลงไปจากการบันทึกวีดีทัศน์ แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดแรงด้วยโปรแกรม Image j เมื่อเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ ได้แก่ 1) ระยะห่างแท่งแม่เหล็ก 2) ความยาวของลวดตัวนำ และ 3) มุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก โดยลักษณะของชุดทดลองเป็นดังภาพ 1, 2 และ 3



ภาพ 1 ตัวอย่างด้านบนชุดทดลองประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก



ภาพ 2 ตัวอย่างด้านหน้าชุดทดลองประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก



ภาพ 3 ชุดทดลองประกอบการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก

จากภาพ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำที่วางตัวอยู่ระหว่างแท่งแม่เหล็กซึ่งมีสนามแม่เหล็กวางตัวตามแนวจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ ลวดตัวนำจะขยับเนื่องจากแรงแม่เหล็กมีขนาดของแรงเป็นไปตามสมการ $F= ILB\sin\theta$ และมีทิศตามกฎมือขวาจากการครอสเวกเตอร์ของความยาวลวดกับสนามแม่เหล็ก ซึ่งขนาดของแรงที่กระทำจะขึ้นอยู่กับ 1) ระยะห่างของแท่งแม่เหล็กสามารถปรับได้จากรางเลื่อนปรับระยะห่างแท่งแม่เหล็ก 2) ความยาวของลวดตัวนำสามารถปรับได้จากรางเลื่อนปรับระยะห่างลวดตัวนำ และ 3) มุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กสามารถปรับได้จากลูกปืนปรับทิศทางจากมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กจาก 90 องศาให้มุมลดลงแรงกระทำจะลดลงจนกระทั่งลวดตัวนำขนานกับสนามแม่เหล็กแรงกระทำต่อลวดตัวนำจะเป็นศูนย์

การใช้ชุดทดลองเปรียบเทียบขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก โดยทิศทางสามารถสังเกตเห็นได้จากการขยับของลวดตัวนำซึ่งสามารถวางชุดทดลองตามแนวนอนเพื่อสังเกตการขยับขึ้นของลวดตัวนำและวางชุดทดลองตามแนวตั้งเพื่อสังเกตการขยับทางซ้ายหรือขวาของลวดตัวนำ และเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์ต่ำ และความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อย เพื่อให้สังเกตขนาดของแรงได้ชัดเจน ขนาดของแรงจะใช้วิธีบันทึกวีดีทัศน์ขณะที่เส้นลวดขยับมากที่สุด แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดของแรงจากการยกตัวของเส้นลวดด้วยโปรแกรม Image j

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายจำนวน 2 แผน เป็นเวลา 3 คาบ คาบละ 50 นาที ได้แก่

แผนที่ 1 ใช้เวลา 100 นาที แบ่งเป็น 2 กิจกรรมคือการหาขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก และการหาทิศทางของแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 คือ การหาขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก เป็นการบรรยายประกอบการทดลองโดยทำกิจกรรมให้นักเรียนสังเกตการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กและทิศทางของสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็กจากการโรยผงตะไบเหล็กในการสังเกตเส้นแรงแม่เหล็กและเข็มทิศในการสังเกตทิศของสนามแม่เหล็กโดยใช้เวลา 50 นาที

กิจกรรมที่ 2 คือ การหาทิศทางของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กเป็นกิจกรรม แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำนาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนคาดเดาทิศทางของแรงแม่เหล็กจากการสังเกตการขยับทางซ้ายหรือทางขวาของลวดตัวนำ เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็ก และทิศทางของกระแสไฟฟ้า

ขั้นที่ 2 สังเกต เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำการทดลองจากชุดทดลองดังภาพ 1 และ 2 โดยนักเรียนสังเกตทิศการขยับของลวดตัวนำว่ามีทิศไปทางซ้ายหรือมีทิศไปทางขวาเมื่อวางชุดทดลองตามแนวตั้ง และบันทึกผลการทดลองเพื่อเชื่อมโยงกับการใช้กฎมือขวาในการหาทิศทางของแรงแม่เหล็กซึ่งทิศของแรงแม่เหล็ก

ขั้นที่ 3 อธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงแนวคิดของตัวเองผ่านการพูดคุยหรืออภิปรายสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับทิศทางของแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กจากการสังเกตการขยับของลวดตัวนำ

แผนที่ 2 ใช้เวลา 50 นาที มี 1 กิจกรรม คือ การหาขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กดังนี้

กิจกรรมที่ 3 คือ การหาขนาดของแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก เป็นกิจกรรม แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยให้นักเรียนทำการทดลองผ่านชุดทดลองโดยใช้เวลา 50 นาที ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ทำนาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนคาดเดาขนาดของแรงแม่เหล็กจากการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของลวดตัวนำว่าจะมีการขยับมากขึ้นหรือน้อยลง เมื่อมีการเปลี่ยนระยะห่างแท่งแม่เหล็ก ความยาวลวดตัวนำ และมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

ขั้นที่ 2 สังเกต เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำการทดลองจากชุดทดลอง เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กดังภาพ 1 และ 2 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ซึ่งนักเรียนจะทำการทดลองเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ คือ ระยะห่างของแท่งแม่เหล็ก เปลี่ยนความยาวลวดตัวนำ และเปลี่ยนมุมลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กและสังเกตระยะการขยับของลวดตัวนำขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากการถ่ายวิดีทัศน์และวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Image j จากการนำภาพการขยับของลวดตัวนำมาวิเคราะห์ระยะการขยับขึ้นลงและเปรียบเทียบขนาดของแรงจากระยะที่ได้ ซึ่งจะมีเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 1

ตาราง 1 การทดลองแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กเมื่อเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง
ระยะห่างแท่งแม่เหล็ก	แท่งแม่เหล็กทั้งสองห่างกัน 5 เซนติเมตร
	แท่งแม่เหล็กทั้งสองห่างกัน 15 เซนติเมตร
ความยาวลวดตัวนำ	ลวดตัวนำยาว 5 เซนติเมตร
	ลวดตัวนำยาว 10 เซนติเมตร
มุมลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก	0 องศา
	45 องศา
	90 องศา

ขั้นที่ 3 อธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงแนวคิดของตัวเองผ่านการพูดคุยหรืออภิปรายสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กจากการสังเกตการขยับของลวดตัวนำ

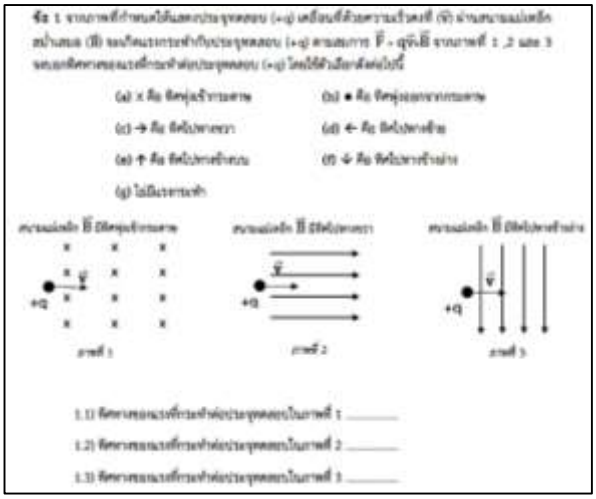
2. แบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก

แบบทดสอบวัดความเข้าใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเติมคำตอบและอธิบายเหตุผล จำนวน 5 ข้อ โดยแบบทดสอบนี้ได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 และได้ตรวจสอบหาค่าความยากง่ายรายข้ออยู่ระหว่าง 0.3-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.6 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (พิชิตชัย ฤทธิ์จรูญ, 2552) มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดความเข้าใจ ดังแสดงตารางที่ 2

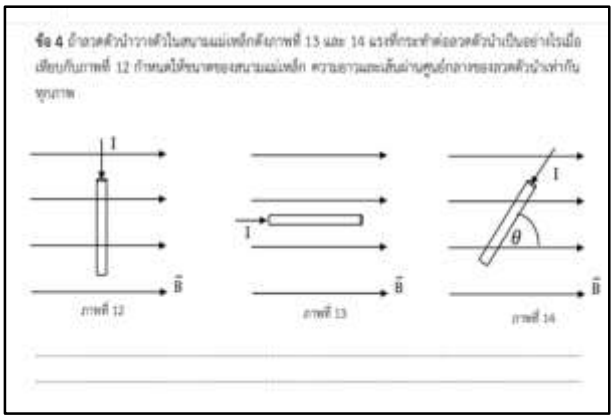
ตาราง 2 จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กที่สอดคล้องกับแบบทดสอบวัดความเข้าใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อคำถามที่
1. นักเรียนสามารถอธิบายขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ได้	(2.1) (2.2)
2. นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างของขนาดของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำเมื่อขนาดของสนามแม่เหล็กไม่เท่ากันได้	(2.3)
3. นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างของขนาดของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดคงที่แต่ ความยาว และมุมของเส้นลวดเปลี่ยนไปได้	(3) (4)
4. นักเรียนสามารถบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กได้	(1)
5. นักเรียนสามารถบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดในสนามแม่เหล็กได้	(5)

จากตารางที่ 2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 – 3 แบบทดสอบมีลักษณะเติมคำตอบและอธิบายเหตุผลโดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแล้วนำมาจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความเข้าใจในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 – 5 แบบทดสอบมีลักษณะเติมคำตอบเท่านั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มคำตอบในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 ซึ่งมีข้อคำถามดังตัวอย่าง ภาพ 4 และ ภาพ 5



ภาพ 4 ตัวอย่างข้อคำถามที่ 1 จุดประสงค์การเรียนที่ 4



ภาพ 5 ตัวอย่างข้อคำถามที่ 5 จุดประสงค์การเรียนที่ 3

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ชี้แจงกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง และผู้ปกครองลงนามยินยอมในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ทำการทดลองโดยการดำเนินการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้าง โดยใช้เวลา 3 คาบกับกลุ่มทดลอง และทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม

3. นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

4. ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบและการให้เหตุผลประกอบจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจโดยเก็บรวบรวมร้อยละและความถี่จากการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และนำกลุ่มคำตอบของนักเรียนมาจัดระดับความเข้าใจตามเกณฑ์ที่ประยุกต์จากการจัดระดับความเข้าใจความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของ Haidar (1997) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตาราง 3 การจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยประยุกต์จากงานวิจัยของ Haidar

ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	ระดับขั้นของคำตอบ	
	คำตอบ	อธิบาย
กลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลถูกต้องครบถ้วนตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
กลุ่มความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
กลุ่มความเข้าใจถูกบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PUSM)	ถูกต้อง	อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วนและมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
กลุ่มความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)	ผิด	อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง
กลุ่มไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)	ผิด/ไม่ตอบ	ไม่อธิบายเหตุผลหรือทวนคำถามหรือให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำตอบขนาดและทิศทาง

5. ผู้วิจัยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยวิเคราะห์ทั้งชุดแบบทดสอบ เพื่อทราบจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย มีการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. ค่าที (T-Test for dependent Sample) ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าได้ผลจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีความเข้าใจถูกต้องโดยใช้ค่าที

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคลแยกตามแบบทดสอบแต่ละข้อ จากนั้นพิจารณาเฉพาะนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้อง (SU) ในแต่ละข้อของแบบทดสอบ โดย 1 ข้อจะให้ 1 คะแนน หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาพิจารณาในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยกรณีที่จุดประสงค์ใดมีหลายข้อย่อยจะเฉลี่ยคะแนนของจุดประสงค์นั้นรวมเป็น 1 คะแนน โดยรวมคะแนนเต็ม 5 จุดประสงค์ มี 5 คะแนน และทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันโดยใช้ค่าที (T – test independent sample) ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 4

ตาราง 4 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องของนักเรียนกลุ่มควบคุมและทดลอง

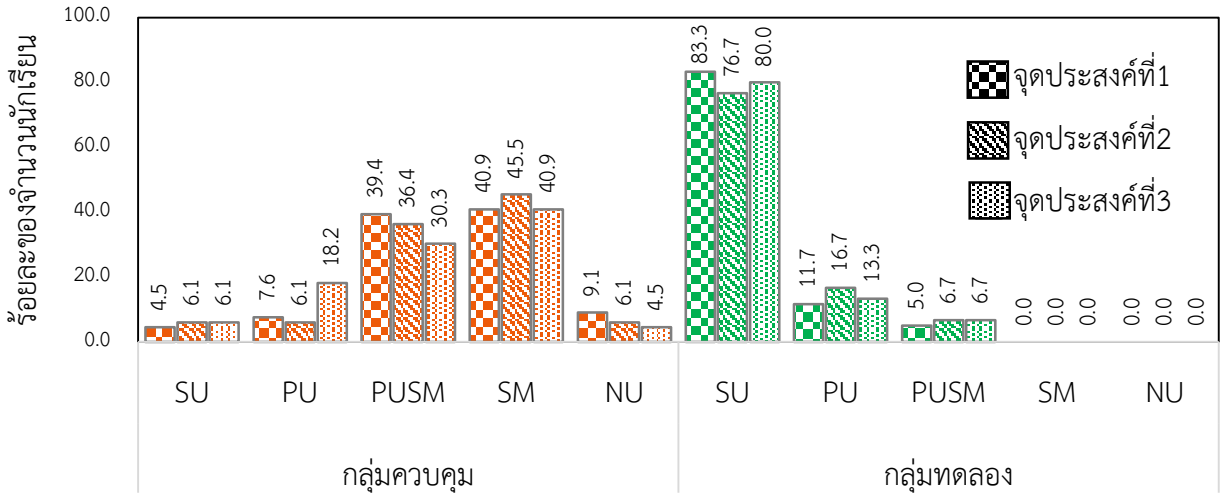
Test	N	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	t	df	sig
กลุ่มควบคุม	33	1.3	0.8	16.1	61	0.0*
กลุ่มทดลอง	30	4.3	0.6			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้อง พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยรวม 5 จุดประสงค์ของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองเท่ากับ 1.3 และ 4.3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กควบคู่กับการใช้ชุดกิจกรรมพบว่าคะแนนเฉลี่ยนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1- 3

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบและเหตุผลของนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มระดับความเข้าใจในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 - 3 เพื่อแสดงถึงระดับความเข้าใจของนักเรียนในภาพรวม โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ผลแสดงดังภาพ 6



ภาพ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมและทดลองในแต่ละระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมจุดประสงค์ที่ 1 - 3

เมื่อพิจารณาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ถูกจัดอยู่ในระดับความเข้าใจ PU PUSM SM และ NU ซึ่งเป็นระดับความเข้าใจที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนพบว่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีระดับความเข้าใจในกลุ่มที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน SM ในทุกจุดประสงค์การเรียนรู้มีค่าสูงกว่าทุกกลุ่มระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อื่น โดยในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน SM เท่ากับ 40.9 ถัดมาคือจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 และ 3 ซึ่งมีนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน SM เท่ากับ 45.5 และ 40.9 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณานักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายแล้วผลปรากฏว่า ร้อยละของจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน SM มีค่าเหลือ 0.0 ทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองในระดับความเข้าใจ NU มีค่าเหลือ 0.0 ทุกจุดประสงค์จากร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุมในระดับความเข้าใจ NU ในจุดประสงค์ที่ 1 2 และ 3 ร้อยละ 9.1 ร้อยละ 6.1 และ ร้อยละ 4.5 ตามลำดับ ในขณะที่มีร้อยละของจำนวนนักเรียนในกลุ่มนักเรียนที่ถูกจัดระดับความเข้าใจ PU เมื่อพิจารณาจากการอธิบายคำตอบของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในภาพรวมพบว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีร้อยละของจำนวนนักเรียนในระดับความเข้าใจนี้มากกว่ากลุ่มทดลองโดยกลุ่มควบคุมมีนักเรียนที่ถูกจัดกลุ่มระดับความเข้าใจ PU ในจุดประสงค์ที่ 1 2 และ 3 ร้อยละ 7.6 ร้อยละ 6.1 และ ร้อยละ 18.2 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มทดลองมีนักเรียนที่ถูกจัดกลุ่มระดับความเข้าใจ PU ในจุดประสงค์ที่ 1 2 และ 3 ร้อยละ 11.7 ร้อยละ 16.7 และ ร้อยละ 13.3 ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 - 5

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มคำตอบในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 โดยผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนที่ตอบคำถามในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการหาทิศแรงกระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยใช้กฎมือขวาได้ถูกต้องครบทุกข้อ มาวิเคราะห์คำตอบต่อในจุดประสงค์ที่ 5 เรื่องการหาทิศแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโดยคำถามคือให้นักเรียนบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดดังตารางที่ 5

ตาราง 5 การเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนระหว่างจุดประสงค์ที่ 4 และจุดประสงค์ที่ 5 ที่ต้องการศึกษาของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

กลุ่มนักเรียน	ตอบคำถามจุดประสงค์ที่ 4 ถูกครบทุกข้อ (คน)	ตอบคำถามจุดประสงค์ที่ 4 ถูกครบทุกข้อ และตอบคำถามจุดประสงค์ที่ 5 ถูกครบทุกข้อ (คน)
กลุ่มควบคุม (n = 33 คน)	24	12
กลุ่มทดลอง (n = 30 คน)	30	28

จากตารางที่ 5 จะพิจารณาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ตอบคำถามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 ถูกครบทุกข้อ และตอบคำถามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 ถูกครบทุกข้อ ซึ่งข้อคำถามของจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 จะเป็นการให้ระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งขดลวดประกอบด้วยด้านซ้าย ด้านขวา ด้านบน และด้านล่างโดยจะพิจารณานักเรียนกลุ่มควบคุมจำนวน 12 คน และนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 28 คน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งเป็นประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด โดยนักเรียนที่ตอบคำถามทั้ง 4 กลุ่มนี้ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เรื่อง การเคลื่อนที่ของขดลวดในสนามแม่เหล็กด้วยเช่นกันมีรายละเอียดดังตารางที่ 6

ตาราง 6 ลักษณะเหตุผลของคำตอบที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5

ลักษณะคำตอบ	คำตอบ	สิ่งที่นักเรียนเข้าใจ	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	
			กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
ผิด 4 ด้าน	ตอบทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดด้านซ้าย ด้านขวา ด้านบน และด้านล่างผิด	ตอบทิศทางของสนามแม่เหล็กถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้	6.1	0.0
		นักเรียนยังไม่เข้าใจสนามแม่เหล็กและการประยุกต์กฎมือขวา	9.1	0.0
ผิด 2 ด้าน	ตอบทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดด้านซ้ายและด้านขวาถูก แต่ทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดด้านด้านบนและด้านล่างผิด	ตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้	9.1	3.3
		ตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวผิด ทำให้แรงในขดลวดผิดไปด้วย	12.1	3.3

จากตารางที่ 6 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนแยกตามเหตุผลของคำตอบที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 พบว่าเมื่อพิจารณาเหตุผลของคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มลักษณะคำตอบผิด 2 ด้านของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง คือ ตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้ร้อยละ 9.1 และร้อยละ 3.3 ตามลำดับ และตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวผิด ทำให้แรงในขดลวดผิดไปด้วยร้อยละ 12.1 และร้อยละ 3.3 ตามลำดับ มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มลักษณะคำตอบผิด 4 ด้านของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง คือ ตอบทิศทางของสนามแม่เหล็กถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้ร้อยละ 6.1 และร้อยละ 0.0 ตามลำดับ และนักเรียนยังไม่เข้าใจสนามแม่เหล็กและการประยุกต์กฎมือขวาร้อยละ 9.1 และร้อยละ 0.0 ตามลำดับ

4. ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนรวมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์สรุปเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากคำตอบของนักเรียน 3 ประเภท คือ 1) ขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก 2) ขนาดของแรงแม่เหล็ก และ 3) ทิศทางของแรงแม่เหล็ก ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตาราง 7 สรุปความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในทุกจุดประสงค์

เรื่องที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน	กลุ่มคำตอบ	สิ่งที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	
			กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
ขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก	A1	นักเรียนเข้าใจว่าสนามแม่เหล็กมีทิศจาก S ไป N หรือมีทิศไม่แน่นอนออกจากแท่งแม่เหล็ก	45.4	10.0
	A2	นักเรียนเข้าใจว่าสนามแม่เหล็ก เปลี่ยนเมื่อระยะแท่งแม่เหล็กเปลี่ยน แต่ไม่เข้าใจการวาดเส้นแรงเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยน	18.1	3.3

เรื่องที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน	กลุ่มคำตอบ	สิ่งที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	
			กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
ขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก	A3	นักเรียนไม่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กเปลี่ยน เมื่อระยะเปลี่ยน	51.5	13.3
ขนาดของแรงแม่เหล็ก	B1	นักเรียนเข้าใจว่าอยู่ใกล้แม่เหล็กดูดเส้นลวดทำให้ขยับยาก	6.1	0.0
	B2	นักเรียนไม่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กส่งผลให้เกิดแรงแม่เหล็ก	51.5	6.7
	B3	นักเรียนเข้าใจว่าลวดยาวหนักทำให้ขยับยาก	15.1	0.0
	B4	นักเรียนเข้าใจว่าลวดยาวทำให้กระแสไฟฟ้าน้อยส่งผลให้แรงมาก	3.0	0.0
	B5	นักเรียนไม่เข้าใจว่าความยาวลวดส่งผลต่อแรงแม่เหล็ก	39.3	6.7
	B6	นักเรียนเข้าใจว่าลวดทิศขนานกับสนามแม่เหล็กมีแรงมากที่สุด	9.1	0.0
	B7	นักเรียนเข้าใจว่าแรงที่มีทิศเดียวกันขนาดจะเท่ากัน	9.1	0.0
	B8	นักเรียนเข้าใจว่ามุมของเส้นลวดไม่มีผลต่อแรงแม่เหล็ก	15.1	0.0
	B9	อื่นๆ	21.2	3.3
ทิศทางของแรงแม่เหล็ก	C1	ตอบทิศทางของสนามแม่เหล็กถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้	6.1	0.0
	C2	ตอบทิศทางของสนามแม่เหล็กผิด นักเรียนยังไม่เข้าใจสนามแม่เหล็กและการประยุกต์กฎมือขวา	9.1	0.0
	C3	ตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้	12.1	0.0
	C4	ตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวผิด ทำให้แรงในขดลวดผิดไปด้วย	15.1	3.3

จากตารางที่ 7 พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็กของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองคือ นักเรียนเข้าใจว่าสนามแม่เหล็กมีทิศจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ หรือมีทิศออกจากแท่งแม่เหล็กแบบไม่มีทิศทางที่แน่นอนอยู่ที่ร้อยละ 45.4 และร้อยละ 10.0 ตามลำดับ นักเรียนไม่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กเปลี่ยนเมื่อระยะเปลี่ยนอยู่ที่ร้อยละ 51.5 และร้อยละ 13.3 ตามลำดับ ประเภทถัดมาเรื่องขนาดของแรงแม่เหล็กของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองคือ นักเรียนไม่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กส่งผลให้เกิดแรงแม่เหล็กอยู่ที่ร้อยละ 51.5 และร้อยละ 6.7 ตามลำดับ นักเรียนไม่เข้าใจว่าความยาวลวดส่งผลต่อแรงแม่เหล็กอยู่ที่ร้อยละ 39.3 และร้อยละ 6.7 ตามลำดับ นักเรียนเข้าใจว่ามุมไม่มีผลต่อแรงแม่เหล็กอยู่ที่ร้อยละ 15.1 และร้อยละ 0.0 ตามลำดับ และประเภทสุดท้ายเรื่องทิศทางของแรงแม่เหล็กของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองคือ นักเรียนตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวผิด ทำให้แรงในขดลวดผิดไปด้วยอยู่ที่ร้อยละ 15.1 และร้อยละ 3.3 ตามลำดับ นักเรียนตอบทิศทางของแรงเมื่อลวดขนานกับสนามแม่เหล็กแค่เส้นเดียวถูก แต่ประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้ร้อยละ 12.1 และ 0.0 ตามลำดับ นักเรียนตอบทิศทางของสนามแม่เหล็กผิด นักเรียนยังไม่เข้าใจสนามแม่เหล็กและการประยุกต์กฎมือขวาร้อยละ 9.1 และร้อยละ 0.0 ตามลำดับ

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก โดยผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือเพื่อพัฒนาความเข้าใจได้แก่ 1) ชุดการเรียนรู้ ประกอบด้วยชุดทดลองและแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กโดยแบบทดสอบแบ่งตามจุดประสงค์การเรียนรู้ 4 ข้อคือนักเรียนสามารถอธิบายขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ได้ นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างของขนาดของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำเมื่อขนาดของสนามแม่เหล็กไม่เท่ากันได้ นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างของขนาดของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดคงที่แต่ขนาดกระแสไฟฟ้า ความยาว และมุมของเส้นลวดเปลี่ยนไปได้ นักเรียนสามารถบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กได้ และนักเรียนสามารถบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดในสนามแม่เหล็กได้ เพื่อเปรียบเทียบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบปกติ และกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 63 คน ผลการวิจัยมีดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย-สังเกต-อธิบายนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 คะแนน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.3 คะแนน เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยการนำความรู้เดิมมาเป็นฐานในการ สร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเองผ่านกระบวนการทำนาย เสาะหา สังเกตด้วยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายเพื่อสรุปองค์ความรู้เป็นของตนเอง ควบคู่กับการใช้ชุดทดลองเรื่องแรงแม่เหล็กในลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของธีรวัฒน์ ดวงสิน (2559) ได้จัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย ร่วมกับชุดกิจกรรมเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก พบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย สามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

2. ผลการเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 – 3 ของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายพบว่า พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจอยู่ในระดับความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนน้อยกว่ากลุ่มควบคุมในทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยเมื่อพิจารณาคำตอบแยกตามจุดประสงค์พบว่าจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 และจุดประสงค์ที่ 3 พบว่านักเรียนกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PUSM) โดยจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 ซึ่งนักเรียนสามารถระบุทิศทางของสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ได้แต่ไม่สามารถอธิบายความเข้มของสนามแม่เหล็กเมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่ใกล้และไกลได้ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 พบว่านักเรียนมีการระบุขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กเมื่อเปลี่ยนความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยการขยับแท่งแม่เหล็กว่ามีความแตกต่างกันได้ แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าสนามแม่เหล็กมากขนาดของแรงจะมาก และสนามแม่เหล็กน้อยขนาดของแรงจะน้อย ส่วนจุดประสงค์ที่ 3 พบว่านักเรียนมีการระบุขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กเมื่อมีการเปลี่ยนความยาวลวด และเปลี่ยนมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อลวดตัวนำยาวจะมีขนาดของแรงมาก และที่มุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กมีค่า 90 องศาจะมีขนาดของแรงมากที่สุด ความเข้าใจในลำดับถัดมาของสามจุดประสงค์นี้คือนักเรียนระบุขนาดละทิศทางของแรงแม่เหล็กและอธิบายเหตุผลผิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) คือการตอบขนาดของแรงแม่เหล็กเท่ากันไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนปัจจัยต่างๆแล้วก็ตาม จากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 กรณีที่แท่งแม่เหล็กวางใกล้กันและวางไกลกัน นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่ามีความเข้มของสนามแม่เหล็กต่างกันและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ นั้นเป็นเพราะการเรียนแบบปกติจะยกตัวอย่างแค่แรงผลักและแรงดูดของแท่งแม่เหล็กเท่านั้น ทำให้นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กไม่เท่ากันจะส่งผลให้แรงแม่เหล็กต่างกันในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 ส่วนในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 3 เป็นกรณีที่มีการเปลี่ยนปัจจัยระยะห่างแท่งแม่เหล็ก ความยาวลวดและมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก ซึ่งนักเรียนคิดว่าปัจจัยทั้งสองไม่มีผลต่อแรงแม่เหล็ก เนื่องจากอยู่ในสนามแม่เหล็กเดิม จาก

ลักษณะคำตอบของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทุกจุดประสงค์สามารถสรุปได้ว่านักเรียนจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก แต่ในเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กนักเรียนจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าความยาวของลวดตัวนำและมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กไม่มีผลต่อแรงแม่เหล็กลักษณะความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวนี้ตรงกับงานวิจัยของพรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล (2548) ที่พบว่านักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจว่าแรงแม่เหล็กไม่ขึ้นกับความยาวลวดตัวนำ และปริมาณกระแสไฟฟ้า ส่วนนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (SU) มากกว่าในทุกจุดประสงค์แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย-สังเกต-อธิบายตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กจะทำให้นักเรียนที่อยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนน้อยซึ่ง สอดคล้องกับกับงานวิจัยของ ธีรวัฒน์ ดวงสิน (2559) ที่ได้ทำการทดลองเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจสมบูรณ์ (SU) มากกว่ากลุ่มควบคุม

3. ผลการเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 – 5 ของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายพบว่าถ้าหากนักเรียนสามารถตอบคำถามในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 ถูกทั้ง 3 ข้อย่อย และตอบคำถามในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 ถูกทั้งหมดแสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องการบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าและทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดในสนามแม่เหล็กเมื่อใช้กฎมือขวาได้ และถ้าหากนักเรียนตอบคำถามในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 ถูกทั้ง 3 ข้อย่อย แต่ตอบคำถามในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 ผิดแสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องการบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กโดยใช้กฎมือขวาได้แต่ไม่สามารถประยุกต์การบอกทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดในสนามแม่เหล็กโดยใช้กฎมือขวา จึงสรุปได้ว่าถ้าหากนักเรียนไม่เข้าใจในเรื่องทิศทางและขนาดของสนามแม่เหล็กจะส่งผลให้นักเรียนประยุกต์ใช้กฎมือขวาของขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กไม่ได้ และถ้านักเรียนไม่สามารถบอกทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ 1 เส้นเมื่อขนานกับสนามแม่เหล็กจะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถบอกทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะ เกียนประโคน (2555) ที่มีการทดลองให้นักเรียนหาโมเมนต์แม่เหล็กคู่ควบของชุดทดลองแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่ายที่สามารถอธิบายทิศทางของแรงจากกฎมือขวาได้

4. ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจในเนื้อหาที่คลาดเคลื่อน จากร้อยละคำตอบของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่คลาดเคลื่อน 3 เรื่องดังต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งจำนวนนักเรียนที่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กมีทิศจากขั้วใต้ไปยังขั้วเหนือหรือมีทิศไม่แน่นอนออกจากแท่งแม่เหล็กอยู่ที่ร้อยละ 45.4 โดยที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากนักเรียนเคยเรียนรู้เพียงแค่แรงดูดและแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก โดยไม่ได้มีการทดลองที่สามารถแสดงให้นักเรียนเห็นทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ชัดเจนว่าสนามแม่เหล็กจะมีทิศออกจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กไปยังขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กเสมอและขนาดของสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนไปเมื่อระยะห่างของแท่งแม่เหล็กเปลี่ยนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร ทานะเวช (2557) ที่มีการทดลองให้นักเรียนได้เห็นลักษณะของขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก

4.2 นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของขนาดของแรงแม่เหล็ก ซึ่งจำนวนนักเรียนที่ไม่เข้าใจว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปจะไม่ส่งผลให้แรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ร้อยละ 51.5 ความยาวลวดเปลี่ยนไม่ส่งผลให้แรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงร้อยละ 39.3 และมุมของลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กเปลี่ยนไม่ส่งผลให้แรงแม่เหล็กเปลี่ยนเช่นกันร้อยละ 15.1 โดยที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากนักเรียนไม่มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องแรงแม่เหล็กเมื่อเปลี่ยนปัจจัยต่างๆและไม่ได้มีการทดลองที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงแม่เหล็ก หรืออาจเกิดจากอีกเหตุผลหนึ่งคือนักเรียนไม่เข้าใจว่าสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระยะห่างของแท่งแม่เหล็กไม่เท่ากัน และเมื่อลวดตัวนำอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กแท่งเดิมเมื่อเปลี่ยนความยาวลวดตัวนำหรือเปลี่ยนมุมลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็กจะไม่ส่งผลต่อแรงแม่เหล็กซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญชัย ทำสะอาด (2553) ที่ได้พัฒนาอุปกรณ์สาธิตอย่างง่ายสำหรับปรากฏการแม่เหล็กไฟฟ้าพบว่าเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะสามารถอธิบายขนาดของแรงแม่เหล็กเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปได้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

4.3 นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของทิศทางของแรงแม่เหล็กคือนักเรียนยังไม่เข้าใจในทิศทางของแรงแม่เหล็กและนักเรียนประยุกต์กฎมือขวาในขดลวดไม่ได้มีจำนวนร้อยละ 9.1 โดยที่เป็นเช่นนี้เพราะจากชั้นเรียนส่วนใหญ่

จะมีการสอนแบบท่องจำมากกว่านำไปใช้จริง โดยเรื่องทิศทางของแรงจะต้องอาศัยความรู้ในเรื่องการครอสเวกเตอร์และประสบการณ์การทดลองให้เห็นถึงทิศทางของแรงจริงประกอบจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถบอกทิศทางได้ถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะ เกียนประโคน (2554) ที่มีการทดลองทิศทางของแรงแม่เหล็กจากแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่ายทำให้นักเรียนเข้าใจเรื่องทิศทางของแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ตามลักษณะการให้เหตุผลของนักเรียนในบางครั้งนักเรียนอาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเป็นลักษณะเฉพาะตัวทำให้เกิดลักษณะคำตอบที่หลากหลาย จึงทำให้ต้องหาจุดที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นเดียวกันในการจัดกลุ่มก่อนแล้วจึงจัดระดับตามความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้ระดับความเข้าใจของนักเรียนถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยสามารถเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายกับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบอื่นๆ เพื่อเป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาให้มีประสิทธิภาพมายิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร ทานะเวช. (2557). *การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง สนามของแรงแม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้กิจกรรมการทดลองอย่างง่ายร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย์. (2562). SU Model : การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงกรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, *30*, 71-84.

ชาญชัย ทำสะอาด. (2553). *การพัฒนาอุปกรณ์สาธิตอย่างง่ายสำหรับศึกษาปรากฏการณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ชนิกา สูงสันเขต และไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2560). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และวิถีทางมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับวิธีการนำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลาย. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่17* (น.82-92). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ธีรวัฒน์ ดวงสิน. (2559). *การพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย(*วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

น้ำค้าง จันเสริม. (2551). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explan (POE)* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะ เกียนประโคน. (2555). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนต์แม่เหล็กคู่ควบโดยใช้ชุดทดลองแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่าย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปทุม ช่องคันปอน. (2558). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่อง พลังงานนิวเคลียร์ โดยการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

พนิตานันท์ วิเศษแก้ว. (2553). *การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและความดันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล. (2548). *การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาการวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มะลิวัลย์ ทรัพย์คาจันทร์,หนูกร ปฐมพรรษ และพัดตาวัน นาใจแก้ว. (2560). การศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ของไดรเวอร์และเบลล์เสริมด้วยเทคนิคการใช้คาถามต่อความเข้าใจมโนมติสารละลายกรด-เบส และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3.* (น.842-853). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชธานี.

ยศธร บรรเทิง. (2556). *การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตโดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สมสมัย จิรพัทธ์พงศกร. (2554). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรและนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม.

สุทธิดา รักกะเปา. (2557). *การเพิ่มความเข้าใจแนวคิดรวบยอดเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันของนักเรียน/นักศึกษาโดยวิธีการเรียนการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE).* สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อามีเนาะ ตารีตา. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับกลวิธี POE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Haidar, A. H. (1997). Prospective Chemistry Teachers' Conception of Conservation of Matter and Related Concept. *Journal of Research in Science Teaching*, *3*, 181-197.