

สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
Grade 12 Students' Understanding of Eddy currents

กนกพร วิเศษรัตน์¹ และ แสงกฤษ กลั่นบุศย์^{2*}
Kanokporn Wisetrat¹ and Saengkrit Klunboot^{2*}

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, kanokporn.wi@bcc1852.com

(Faculty of Science; King Mongkut's University of Technology Thonburi)

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th

(Faculty of Science; King Mongkut's University of Technology Thonburi)

บทคัดย่อ

ความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนมีการนำไปใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีที่หลากหลายมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย จำนวน 124 คน เกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนและการใช้กฎมือขวาของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ ผลการสำรวจพบว่าจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 13.44 และพบนักเรียนจำนวนมากที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 67.81 ยังพบว่านักเรียนเพียง 2-4 คนเท่านั้นที่สามารถระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากผลการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์และเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ในอนาคตได้

คำสำคัญ: กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ กระแสไฟฟ้าไหลวน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ABSTRACT

Knowledge of Eddy currents is being used increasingly in the development of various technologies. The researcher then created a test to survey the understanding of 124 grade 12 Bangkok Christian College students about Eddy currents and the use of the right-hand rule to determine the direction of Eddy currents on metal sheets. The results of the survey, there was the average number of students with a sound understanding (SU) was 13.44 % and found a large number of students with a specific alternative conception (SAC), average 67.81 %. Only 2-4 students were able to correctly determine the direction of the Eddy currents on metal sheets. It shows that most students do not understand Eddy currents. The results of this study can be used to develop learning management to change the level of students' alternative conceptions to the correct scientific understanding and have a good attitude towards studying physics in the future.

KEYWORDS: Eddy currents, Electromagnetic induction, Students' alternative conceptions

*Corresponding author, E-mail: saengkrit.klu@mail.kmutt.ac.th โทร. 086-3439558

Received: 19 November 2020 / Revised: 10 January 2021 / Accepted: 15 January 2021 / Published online: 30 December 2021

บทนำ

เทคโนโลยีห้ามล้อ (เบรก) นั้นมีมานานตั้งแต่มนุษย์รู้จักคำว่า “ยานพาหนะทางกล” มีการพัฒนาระบบเบรกอย่างง่ายอันประกอบไปด้วยคานมือที่ใช้ดันแผ่นไม้เพื่อไปห้ามล้อที่ทำด้วยโลหะไม่ให้เคลื่อนที่หรือการดึงเบรกมือ (Emergency brake) ของรถยนต์ที่ใช้การดึงรั้งเพื่อห้ามล้อ มีความแตกต่างจากระบบที่มีการส่งแรงเหยียบเบรกเพื่อให้ห้ามล้อ เช่น ระบบดิสก์เบรก (Disc brake) หรือ ทรัมเบรก (Drum brake) นั้นเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่อาศัยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์และวาล์วบีบเข้ามาควบคุมการเบรกทั้งสองระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทำให้ผู้ขับขี่สามารถหยุดรถได้รวดเร็วทันใจและยังสามารถบังคับทิศทางของรถได้ การพัฒนาระบบเบรกของขบวนรถไฟที่ประกอบด้วยรถหลายคันพ่วงต่อกันและมีน้ำหนักมากกว่า มีความจำเป็นต้องมีระบบเบรกพร้อมกันเพื่อไม่ให้เกิดการกระตุกกระชากซึ่งทำให้ผู้โดยสารรู้สึกไม่สบายและไม่ปลอดภัย ระบบเบรกแบบดั้งเดิมจะเกิดแรงเสียดทานและความร้อนสูง ทำให้สิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์ในการประกอบค่อนข้างมาก ปัจจุบันมีความพยายามในการประดิษฐ์เบรกรางไฟฟ้า (Electric Rail Brake) ขึ้น หัวเบรกของรางไฟฟ้ามีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าติดอยู่ เมื่อต้องการใช้เบรกก็สร้างขั้วบวกและลบขึ้นที่หัวเบรกแล้วเลื่อนเข้าไปใกล้ราง ขั้วแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในราง ระบบเบรคนี้นี้จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่าเบรกด้วยกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current Brake) ระบบเบรคนี้นี้จะลดการสึกหรอของอุปกรณ์และลดต้นทุนในการติดตั้งระบบเบรกมากขึ้น (ธวัชชัย สายสนิท และ วิริยะ คชพงษ์, 2556) กระแสไฟฟ้าไหลวนนี้คือกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในชิ้นโลหะที่เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการนำสนามแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ผ่านชิ้นโลหะ การสาธิตปรากฏการณ์ดังกล่าวทำได้ง่าย ๆ โดยติดแผ่นทองแดงหรือแผ่นอะลูมิเนียมแบนไว้ที่ปลายของแท่งวัตถุ แล้วแกว่งไปมาผ่านสนามแม่เหล็ก ขณะที่แผ่นโลหะนี้เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็ก เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กแล้วเหนี่ยวนำให้อิเล็กตรอนอิสระในแผ่นโลหะเคลื่อนที่และสร้างกระแสไฟฟ้าขึ้นมาซึ่งมีทิศทางไหลวนตามกฎมือขวา นอกจากนี้ปัจจุบันได้มีการนำความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนมาประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น การตรวจหาอาวุธของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย ใช้ในการตรวจจับโลหะต่าง ๆ รวมไปถึงเครื่องเล่นที่ท้าทายเด็ก ๆ ในสวนสนุกที่ชื่อว่ายักษ์ตกตึก (Giant Drop) ปฏิเสธไม่ได้ว่าในอนาคตอาจจะมีการนำความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนไปใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีที่หลากหลายมากขึ้น และเยาวชนในวันนี้คือผู้สร้างนวัตกรรมในอนาคต แนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ที่เรียกว่าสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนหนึ่งที่สำคัญในโลกยุคปัจจุบันและอนาคต การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนจึงเป็นหัวข้อหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่มีความสำคัญ สำหรับความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนเป็นเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์อยู่ในหัวข้อแม่เหล็กไฟฟ้าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นหัวข้อที่ต้องใช้กฎและหลักการเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กในการอธิบายปรากฏการณ์ไปพร้อม ๆ กัน จึงเป็นหัวข้อหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจสำหรับผู้เรียน ดังนั้นการสำรวจความเข้าใจเรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนสำหรับนักเรียนเป็นวิธีการหนึ่งที่ครูผู้สอนสามารถได้รับข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตลอดจนพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาความเข้าใจในเรื่องดังกล่าว จึงได้ออกแบบแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน โดยผ่านการกลั่นกรองและประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปสำรวจความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 124 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ได้ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องแม่เหล็กและไฟฟ้ามาแล้วขณะที่ศึกษาใน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อที่จะได้นำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนรุ่นใหม่ที่จะได้รับการศึกษาในเรื่องดังกล่าวได้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ (อะลูมิเนียม) และการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะตามกฎมือขวาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระแสไฟฟ้าไหลวน หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในชั้นโลหะที่เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กซึ่งเป็นสาเหตุให้อิเล็กตรอนอิสระในแผ่นโลหะเคลื่อนที่และสร้างกระแสไฟฟ้าไหลวนขึ้นมา

2. ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจแนวคิดหลักเกี่ยวกับ กฎ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มีแนวความคิดความเชื่อในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น และอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นตามความรู้สึกของตนเอง โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เพื่อสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ โดยผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ใบรับรองเลขที่ KMUTT-IRB-COE-2020-035 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 124 คน จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 124 คน จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้การเลือกแบบเจาะจง

ขอบเขตด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ โดยศึกษาใน 5 ประเด็น ดังนี้ การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่อยู่นิ่งภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายสม่ำเสมอ การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่เคลื่อนที่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายไม่สม่ำเสมอ การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก การใช้กฎมือขวาระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนตามกฎมือขวา

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน จำนวน 5 ข้อ แล้วออกแบบแบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่องการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ ทั้งหมด 3 ข้อ โดยแบบทดสอบแต่ละข้อมีบริบทที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการศึกษา แสดงดังตารางที่ 1 แบบทดสอบนี้ได้ถูกดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Saglam, M. และ Millar (2014) และได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 ได้ตรวจสอบหาความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.3-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.6 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดและแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ

ประเด็น	ข้อคำถามที่
1. การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่อยู่นิ่งภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายสม่ำเสมอ	3 (2)
2. การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่เคลื่อนที่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายไม่สม่ำเสมอ	2 (1), (2)
	3 (4)
3. การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก	3 (1), (3)
4. การใช้กฎมือขวาระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน	1
5. การระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะตามกฎมือขวา	3 (1), (3), (4)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดระดับความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากแนวคิดของ Guisasola และคณะ (2013) และ Jelcic และคณะ (2017) ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มการให้เหตุผลตามความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากแนวคิดของ Çalik และคณะ (2008) แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งเหมาะสมกับแบบทดสอบวัดความเข้าใจที่เป็นอัตนัยที่มีการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจจากการตอบคำถามและการแสดงเหตุผลตามความเข้าใจของนักเรียน ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดดังกล่าวเป็นแนวทางในการจัดระดับความเข้าใจของนักเรียนและประยุกต์ให้มีความสอดคล้องกับบริบทของงานวิจัยมากยิ่งขึ้น

ตาราง 2 เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากแนวคิดของ Çalik และคณะ (2008)

ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์	การเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ
ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนผิด
ความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PUSAC)	ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception: SAC)	ไม่ถูกต้อง แต่ยังเกี่ยวข้องกับโจทย์
ไม่มีความเข้าใจ (No Understanding: NU)	ไม่อธิบายเหตุผล ตอบไม่เกี่ยวข้องกับ กับโจทย์ หรือมีการทวนคำถาม

ผลการวิจัย

ผลการสำรวจความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการสำรวจวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ

1.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนในการตอบการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะเปรียบเทียบเป็นรายข้อ

ผู้วิจัยได้สรุปคำตอบของนักเรียนในการตอบการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะจากข้อคำถามที่ 2 และ 3 โดยยังไม่พิจารณาการให้เหตุผลของคำตอบ แล้วทำการคำนวณร้อยละของจำนวนนักเรียนเปรียบเทียบผลเป็นรายข้อสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

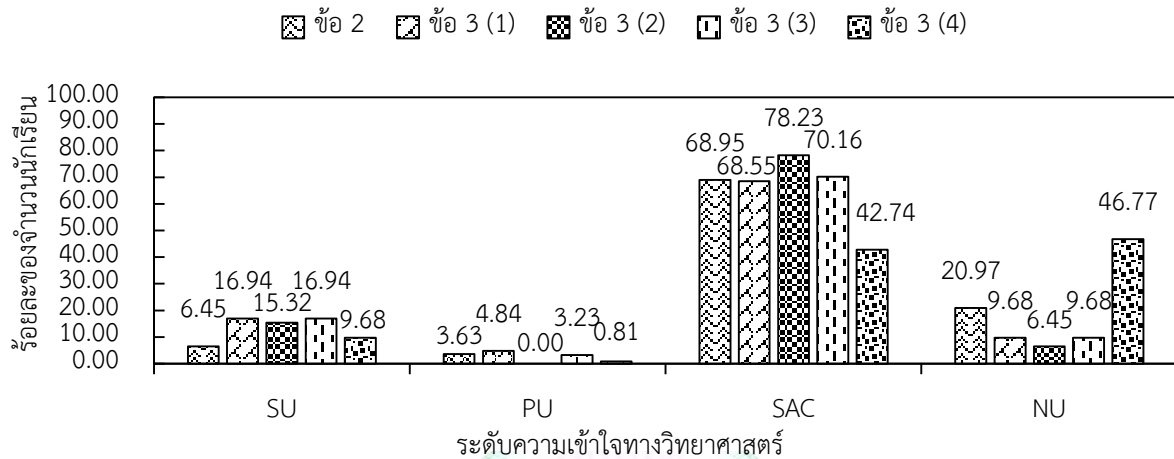
ตาราง 3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในการตอบการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ ข้อคำถามที่ 2 และ 3

คำตอบ	ร้อยละของจำนวนนักเรียน					
	ข้อ 2 (1)	ข้อ 2 (2)	ข้อ 3 (1)	ข้อ 3 (2)	ข้อ 3 (3)	ข้อ 3 (4)
เกิด	44.35 (✓)	49.19 (✓)	79.03 (✓)	12.90 (✗)	70.16 (✓)	66.94 (✓)
ไม่เกิด	55.65 (✗)	50.81 (✗)	20.97 (✗)	87.10 (✓)	29.84 (✗)	33.06 (✗)

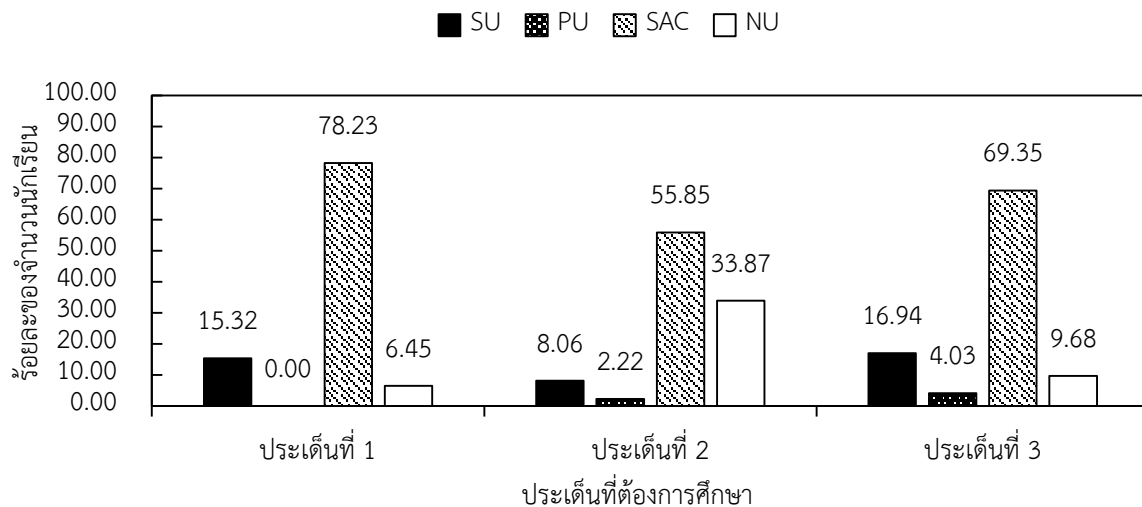
จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในการตอบการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะได้ถูกต้องในแต่ละข้อคำถามโดยยังไม่มีการให้เหตุผลของคำตอบมาพิจารณา พบว่าในข้อคำถามที่ 2 มีจำนวนนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่สามารถพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้ถูกต้อง โดยในข้อคำถามที่ 2 (1) และ 2 (2) มีจำนวนนักเรียนที่พิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้ถูกต้องมีค่าใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 44.35 และร้อยละ 49.19 ตามลำดับ ในส่วนของข้อคำถามที่ 3 พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่สามารถพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 และมีจำนวนมากกว่า

ในข้อคำถามที่ 2 โดยมีจำนวนนักเรียนที่สามารถพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้ถูกต้องมากที่สุดในข้อคำถามที่ 3 (2) คิดเป็นร้อยละ 87.10 และน้อยที่สุดในข้อคำถามที่ 3 (4) คิดเป็นร้อยละ 66.94

1.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากการอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ
 จำแนกตามประเด็นที่ 1 2 และ 3



ภาพ 1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากการอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนแยกเป็นรายข้อ



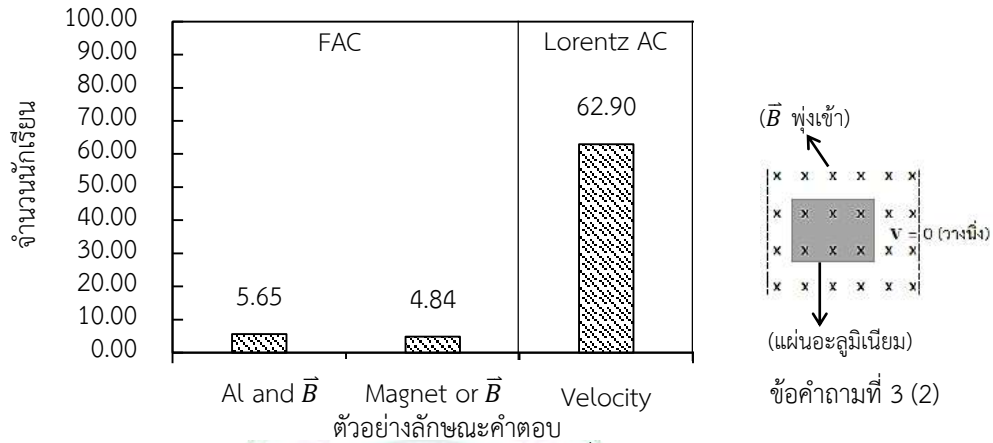
ภาพ 2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างประเด็นที่ 1 2 และ 3

เพื่อให้ทราบถึงประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้มากขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลคำตอบของนักเรียนและจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากการอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะอย่างละเอียด จำแนกตามประเด็นที่ 1 2 และ 3 ได้ดังนี้

ประเด็นที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่อยู่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายสม่ำเสมอได้

ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 4 ระดับ ในการพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่อยู่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายสม่ำเสมอ จากข้อคำถาม

ที่ 3 (2) แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งตรงตามประเด็นที่ต้องการศึกษาในประเด็นที่ 1 แสดงดังภาพที่ 2 พบว่านักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กบนแผ่นโลหะหรือมีสนามแม่เหล็กที่กระทำบนแผ่นโลหะมีค่าคงที่ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์เกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน (SU) คิดเป็นร้อยละ 15.32 และพบนักเรียนจำนวนมากที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน (SAC) คิดเป็นร้อยละ 78.23 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนตอบทวนคำถาม ตอบไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ และไม่อธิบายเหตุผล คิดเป็นร้อยละ 6.45



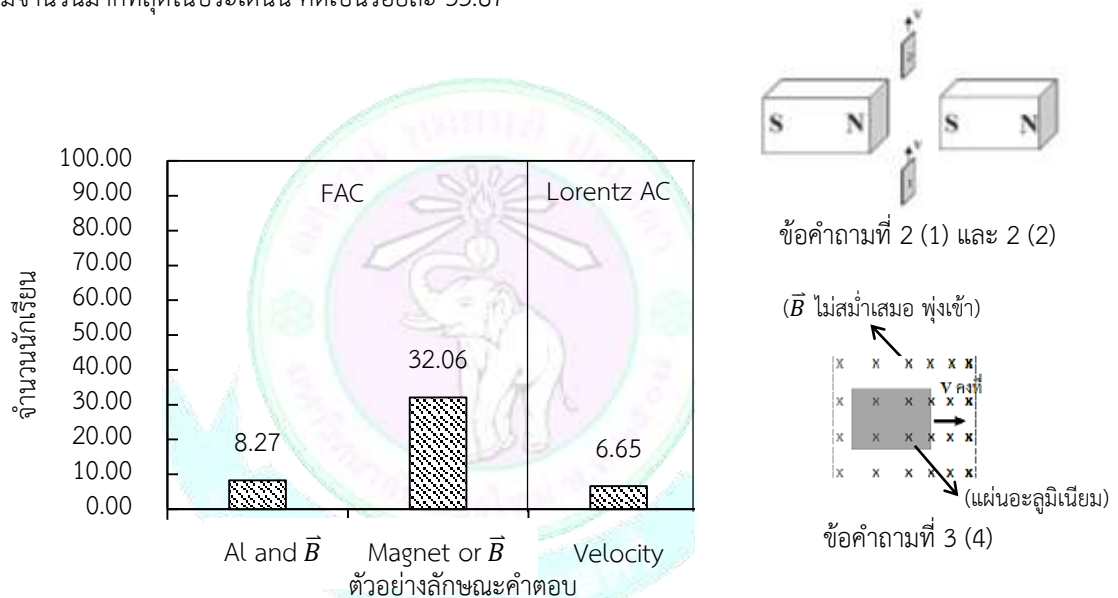
ภาพ 3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามตัวอย่างลักษณะคำตอบที่ใช้อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน
 ในกลุ่มระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 1

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 1 ดังภาพที่ 3 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนขึ้นบนแผ่นโลหะโดยให้เหตุผลเพียงเพราะว่าแผ่นโลหะมีความเร็วเท่ากับศูนย์หรือแผ่นโลหะวางนิ่ง (Velocity) คิดเป็นร้อยละ 62.90 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์หรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการอธิบายโดยใช้กฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz AC) และพบนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการอธิบายโดยใช้กฎของฟาราเดย์ (FAC) ตัวอย่างลักษณะคำตอบในกลุ่มนี้พบว่านักเรียนพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเพียงลักษณะของแผ่นโลหะกับสนามแม่เหล็ก (Al and $\vec{B}$) คิดเป็นร้อยละ 5.65 โดยให้เหตุผลว่าเมื่อแผ่นโลหะไม่มีการเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กจะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการจดจำหลักการการทดลองของฟาราเดย์ แต่ไม่สามารถอธิบายหลักการที่สมบูรณ์ได้ และพบนักเรียนที่ตอบว่าเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะจากการพิจารณาเพียงเรื่องสนามแม่เหล็กหรือมีสนามแม่เหล็กคงที่ (Magnet or $\vec{B}$)

ประเด็นที่ 2 นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่เคลื่อนที่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายไม่สม่ำเสมอได้

ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 4 ระดับ ในการพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่เคลื่อนที่ภายในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กกระจายไม่สม่ำเสมอจากข้อคำถามที่ 2 และ 3 (4) แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งตรงตามประเด็นที่ต้องการศึกษาในประเด็นที่ 2 แสดงดังภาพที่ 2 โดยร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของข้อคำถามที่ 2 เกิดจากผลรวมของคำตอบจากข้อคำถามที่ 2 (1) และ 2 (2) แล้วหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากคำตอบของทั้งสองข้อนี้มีลักษณะคล้ายกัน พบว่านักเรียนจำนวนน้อยมากที่สามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กหรือมีสนามแม่เหล็กไม่คงที่กระทำบนแผ่นโลหะแสดงถึงความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 8.06 ยังพบว่านักเรียนจำนวนเล็กน้อยที่อธิบายการเกิด

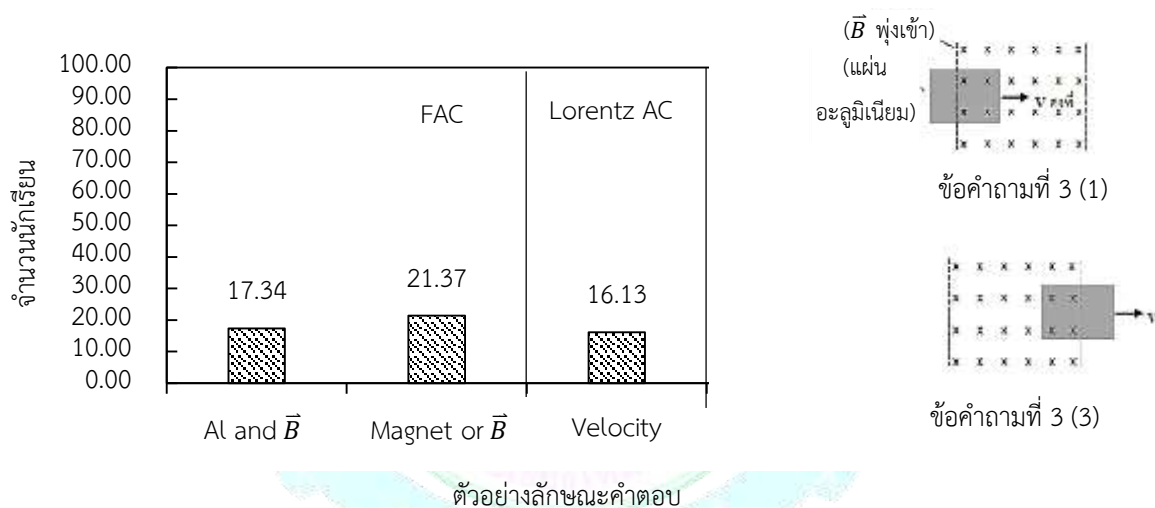
กระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะโดยใช้กฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz force's law) และกฎของเลนซ์ (Lenz's law) ได้ถูกต้องบางส่วนแต่ไม่มีส่วนผิด และไม่ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กบนแผ่นโลหะ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะได้ถูกต้องบางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 2.22 และพบว่านักเรียนจำนวนมากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) คิดเป็นร้อยละ 55.85 นอกจากนี้ยังพบนักเรียนที่มีความเข้าใจที่สับสนในข้อคำถามที่ 3 (4) ซึ่งเข้าใจว่าไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนเพราะแผ่นโลหะอยู่ในสนามแม่เหล็กไม่สม่ำเสมอ จากการวิเคราะห์ผลคำตอบในข้อคำถามที่ 3 (4) พบว่ามีคำตอบเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจำนวนมาก แต่ไม่มีการใช้คำว่าเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากข้อย่อยอื่นที่อยู่ในข้อคำถามที่ 3 ที่มีภาพแสดงให้เห็นชัดเจนของสนามแม่เหล็กที่กระทำบนแผ่นโลหะ กลับพบนักเรียนที่ให้เหตุผลเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในการอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนมีจำนวนน้อยมาก ผู้วิจัยจึงได้จัดนักเรียนที่ให้เหตุผลดังกล่าวในคำตอบของข้อคำถามที่ 3 (4) อยู่ในกลุ่มที่มีการใช้คำที่ปรากฏในข้อคำถาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการตอบแบบทวนคำถามหรือไม่มีการแสดงความเข้าใจออกมาหรือความจริงแล้วนักเรียนอาจจะไม่มีความเข้าใจเลย (NU) จึงส่งผลให้จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจในกลุ่มดังกล่าวมีจำนวนมากที่สุดในประเด็นนี้ คิดเป็นร้อยละ 33.87



ภาพ 4 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามตัวอย่างลักษณะคำตอบที่ใช้อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในกลุ่มระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 2

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 2 ดังภาพที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเรื่องขั้วแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็ก (Magnet or $\vec{B}$) คิดเป็นร้อยละ 32.06 ซึ่งพบลักษณะคำตอบนี้จำนวนมากในข้อคำถามที่ 2 โดยนักเรียนเข้าใจว่าไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะเพราะไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำหรือบริเวณแผ่นโลหะเป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างของสนามแม่เหล็กหรือเป็นจุดสะเทิน และพบนักเรียนที่มีความเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนโดยพิจารณาเพียงตำแหน่งของแผ่นโลหะกับขั้วแม่เหล็กและบางส่วนเข้าใจว่าแผ่นโลหะถูกแม่เหล็กออกแรงดึงดูดและผลักให้เคลื่อนที่ ยังพบว่ามีนักเรียนจำนวนเล็กน้อยที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการอธิบายโดยใช้กฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz AC) คิดเป็นร้อยละ 6.65 ซึ่งนักเรียนเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนโดยพิจารณาเพียงเรื่องความเร็วของแผ่นโลหะหรือมีองค์ประกอบครบทั้งเรื่องความเร็วและสนามแม่เหล็กแต่ไม่สามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนตามหลักการที่สมบูรณ์ได้

ประเด็นที่ 3 นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กได้ ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 4 ระดับ ในการพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กได้จากข้อคำถามที่ 3 (1) และ 3 (3) แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งตรงตามประเด็นที่ต้องการศึกษาในประเด็นที่ 3 แสดงดังภาพที่ 2 พบว่ามีนักเรียนที่สามารถให้เหตุผลเรื่องการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กหรือมีสนามแม่เหล็กไม่คงที่กระทำบนแผ่นโลหะอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 16.94 พบว่ามีนักเรียนจำนวนเล็กน้อยที่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะโดยอธิบายตามกฎของแรงลอเรนซ์ และกฎของเลนซ์ ได้ถูกต้องบางส่วนแต่ไม่มีส่วนผิด แต่ไม่ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กบนแผ่นโลหะ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 4.03 และพบว่ามึนักเรียนจำนวนมากที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน (SAC) คิดเป็นร้อยละ 69.35 ยังพบนักเรียนที่ไม่มีการแสดงความเข้าใจออกมาหรือไม่มีความเข้าใจเลย (NU) อยู่ในประเด็นนี้ คิดเป็นร้อยละ 9.68



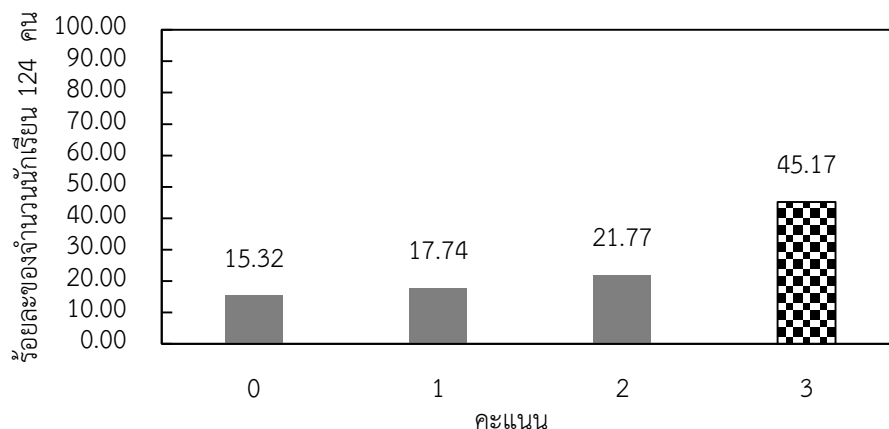
ภาพ 5 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามตัวอย่างลักษณะคำตอบที่ใช้อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในกลุ่มระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 3

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ของประเด็นที่ 3 ดังภาพที่ 5 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเรื่องของการมีสนามแม่เหล็กมากระทำกับแผ่นโลหะ (Magnet or $\vec{B}$) คิดเป็นร้อยละ 21.37 บางส่วนอธิบายเรื่องลักษณะของแผ่นอะลูมิเนียมที่กำลังเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กหรือพื้นที่หน้าตัดของแผ่นโลหะที่ผ่านสนามแม่เหล็กไม่คงที่ (Al and $\vec{B}$) คิดเป็นร้อยละ 17.34 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการจดจำตามหลักการการทดลองของฟาราเดย์ แต่ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตามหลักการที่สมบูรณ์ได้ตามกฎของฟาราเดย์ (FAC) และยังพบนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการอธิบายโดยใช้กฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz AC) ซึ่งมีความเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเพียงองค์ประกอบตามสูตรคำนวณกฎของแรงลอเรนซ์ที่เกิดจากการท่องจำมาเท่านั้น

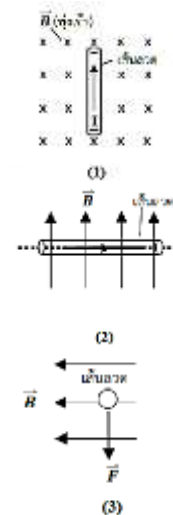
2. ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ

เพื่อศึกษาในประเด็น 4 เรื่องการใช้กฎมือขวาระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ผู้วิจัยได้สรุปคำตอบของนักเรียนจากข้อคำถามที่ 1 ดังภาพที่ 6 เพื่อความมั่นใจว่านักเรียนไม่ได้มีปัญหาการใช้กฎมือขวา ผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกเฉพาะคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มจากประเด็นที่ 4 แล้วนำมาวิเคราะห์การระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะของนักเรียนในประเด็นที่ 5 โดยละเอียด แล้วทำการจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์มาจากแนวคิดของ Çalik และคณะ (2008) พร้อมทั้งคำนวณร้อยละของจำนวนนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบคำตอบเป็นรายชื่อ ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 4 นักเรียนสามารถใช้กฎมือขวาระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในข้อคำถามที่ 1 (1) 1 (2) และ 1 (3) คิดเป็นคะแนนข้อละ 1 คะแนน ดังนั้นคะแนนเต็มรวมในประเด็นที่ 4 เท่ากับ 3 คะแนน จากภาพที่ 6 พบว่ามีนักเรียนที่ได้คะแนนเต็ม 3 คะแนน จากการใช้กฎมือขวาอธิบายทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คิดเป็นร้อยละ 45.17 หรือคิดเป็นจำนวนนักเรียน 56 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 124 คน



ภาพ 6 ร้อยละของจำนวนนักเรียนเปรียบเทียบตามระดับคะแนนในประเด็นที่ 4



ข้อคำถามที่ 1

ประเด็นที่ 5 การระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะตามกฎมือขวา ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกเฉพาะคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนเต็ม 3 คะแนน จากประเด็นที่ 4 จำนวน 56 คน นำมาวิเคราะห์การระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนของนักเรียนในประเด็นที่ 5 ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะคำตอบจากแผ่นโลหะที่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากข้อคำถามที่ 3 (1) 3 (3) และ 3 (4) สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนที่พิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะได้ถูกต้อง ดังตารางที่ 4

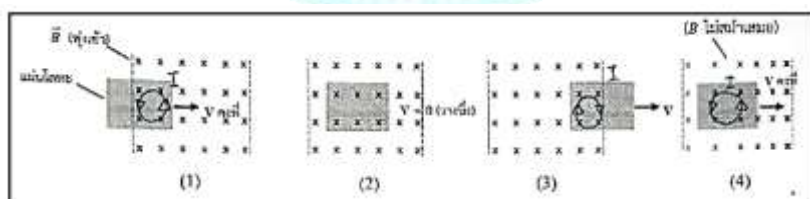
ตาราง 4 จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มจากประเด็นที่ 4 และตอบการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในข้อคำถามที่ 3 (1) 3 (3) และ 3 (4) ได้ถูกต้อง

คำถาม	ข้อ 3 (1)	ข้อ 3 (3)	ข้อ 3 (4)
จำนวนนักเรียน	44/56	43/56	44/56

จากตารางที่ 4 พบว่ามึนักรเรียนที่ได้คะแนนเต็มในการใช้ภูมิอวตอบคำถามจากประเด็นที่ 4 และพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะได้ถูกต้องในข้อ 3 (1) 3 (3) และ 3 (4) มีจำนวน 44 คน 43 คน และ 44 คน ตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกเฉพาะคำตอบของนักเรียนที่ตอบถูกต้องมาวิเคราะห์การระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนตามภูมิอวหา สามารถสรุปคำตอบจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์มาจากแนวคิดของ Çalik และคณะ (2008) ได้ดังภาพที่ 7 พบว่ามึนักรเรียนจำนวนน้อยมากที่สามารถระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะตามภูมิอวหาได้ถูกต้อง (SU) โดยพบในข้อคำถามที่ 3 (3) มีจำนวนมากที่สุด 4 คน รองลงมาคือข้อคำถาม ที่ 3 (1) มีจำนวน 3 คน และพบจำนวนน้อยที่สุดในข้อคำถามที่ 3 (4) มีจำนวนเพียง 2 คน และพบว่ามึนักรเรียนจำนวนมากที่ไม่สามารถระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะตามภูมิอวหาได้ถูกต้องโดยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) ซึ่งพบอยู่ในทั้ง 3 ข้อคำถามและมีจำนวนใกล้เคียงกันดังนี้ ในข้อคำถามที่ 3 (1) มีจำนวน 38 คน ในข้อคำถาม ที่ 3 (3) มีจำนวน 36 คน และในข้อคำถามที่ 3 (4) มีจำนวน 35 คน นอกจากนี้ทั้ง 3 ข้อคำถามยังพบว่ามึนักรเรียนที่ไม่แสดงคำตอบหรือไม่แสดงความเข้าใจออกมาหรืออาจจะไม่มีความเข้าใจเลย (NU) ซึ่งพบมากที่สุด ในข้อคำถามที่ 3 (4) จำนวน 7 คน และในข้อคำถามที่ 3 (1) และ 3 (3) มีจำนวน 3 คนเท่ากัน



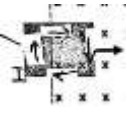
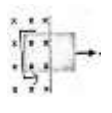
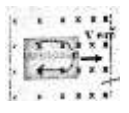
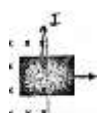
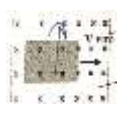
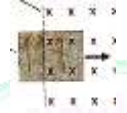
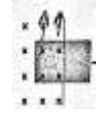
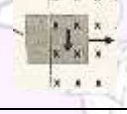
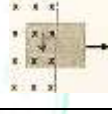
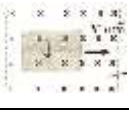
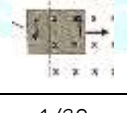
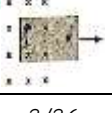
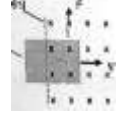
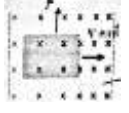
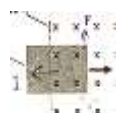
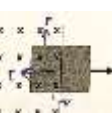
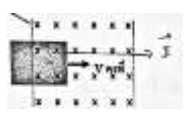
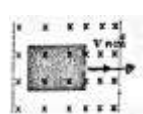
ภาพ 7 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างข้อคำถามในประเด็นที่ 5

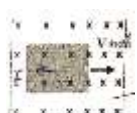
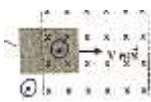
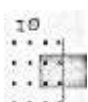
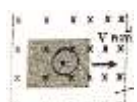
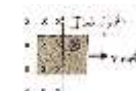
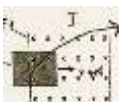
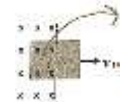


ภาพ 8 ตัวอย่างลักษณะคำตอบการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะในระดับความเข้าใจ SU

จากนั้นนำลักษณะคำตอบการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะจากกลุ่มที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC) มาวิเคราะห์และจัดกลุ่มลักษณะคำตอบได้ทั้งหมด 13 กลุ่ม ดังตารางที่ 5 พบว่าลักษณะคำตอบจากการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (SAC) ส่วนใหญ่มีลักษณะทิศทางพุ่งขึ้น รองลงมาคือรูปแบบวิถีโค้ง

ตาราง 5 การจัดกลุ่มลักษณะคำตอบการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะในกลุ่มที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SAC)

ลักษณะคำตอบ	จำนวนนักเรียน (คน)		
	ข้อ 3 (1)	ข้อ 3 (3)	ข้อ 3 (4)
1. ไหลวน	1/38 	1/36 	2/35 
2. พุ่งขึ้น	19/38 	17/36 	13/35 
3. พุ่งขึ้นมากกว่า 1 เวกเตอร์	2/38 	1/36 	4/35 
4. พุ่งลง	2/38 	4/36 	5/35 
5. พุ่งลงมากกว่า 1 เวกเตอร์	-	1/36 	-
6. พุ่งขึ้นและพุ่งลง	1/38 	1/36 	-
7. แรงพุ่งขึ้น	1/38 	3/36 	3/35 
8. แรงตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้า	1/38 	1/36 	-
9. ขวา	1/38 	-	1/35 

10. ซ้าย	-	-	1/35 
11. พุ่งออก	3/38 	1/36 	2/35 
12. พุ่งเข้า	-	1/36 	-
13. วิถีโค้ง	7/38 	5/36 	4/35 

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

1. ผลการสำรวจวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ

จากผลการวิเคราะห์คำตอบในการพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะของนักเรียน แต่ยังไม่นำเหตุผลของคำตอบมาวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3 พบว่านักเรียนสามารถพิจารณาการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะในบริบทของข้อคำถามที่ 3 ได้ดีกว่าแผ่นโลหะในบริบทของข้อคำถามที่ 2 เนื่องจากลักษณะรูปภาพที่แสดงในข้อคำถาม 3 มีการกำหนดองค์ประกอบเรื่องของลักษณะการพุ่งผ่านของสนามแม่เหล็กบนแผ่นโลหะและทิศทางการเคลื่อนที่มาให้ชัดเจนและเป็นรูปภาพที่นักเรียนคุ้นเคยจากหนังสือเรียน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ทราบได้ว่าแผ่นโลหะนั้นมีสนามแม่เหล็กมากระทำ แล้วสามารถนำไปประกอบกับความรู้เดิมได้ดีกว่ารูปภาพที่แสดงบริบทของในข้อคำถามที่ 2 ซึ่งไม่มีการแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบว่านักเรียนมีปัญหาในประเด็นเรื่องลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบว่านักเรียนมีปัญหาในประเด็นเรื่องลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ ถึงแม้ว่านักเรียนจะตอบถูกจำนวนมากแต่เมื่อนำการให้เหตุผลของคำตอบมาวิเคราะห์ละเอียด พบว่ามีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) อยู่ในประเด็นที่ 1 2 และ 3 รวมกันแล้วคิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 13.44 เท่านั้น แสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กบนแผ่นโลหะ และพบนักเรียนจำนวนน้อยมากที่มีระดับความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วน (PU) จากผลการวิเคราะห์คำตอบของจำนวนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มดังกล่าวจากประเด็นที่ 1 2 และ 3 รวมกันแล้วคิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 2.08 เท่านั้น แสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงเล็กน้อยที่เข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการอธิบายตามกฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz force's law) และมีความเข้าใจตามกฎของเลนซ์ (Lenz's law) ที่ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jellic และคณะ (2017) ที่พบว่านักเรียนจำนวนน้อยมากที่ใช้คำว่า “การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก” อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและพบว่านักเรียนมีปัญหาในการนำกฎของเลนซ์มาใช้อธิบาย จากผลสำรวจพบว่านักเรียนจำนวนมากที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน (SAC) ในทุกประเด็น เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคำตอบพบว่านักเรียนจำนวนมากอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเรื่องความเร็วของแผ่นโลหะ หรือมีองค์ประกอบครบ

ทั้งเรื่องความเร็วและสนามแม่เหล็ก แสดงให้เห็นว่านักเรียนพิจารณาแผ่นโลหะเปรียบเสมือนอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กหรือมีความเร็วผ่านสนามแม่เหล็กและมีความเข้าใจจากการพิจารณาองค์ประกอบตามสูตรคำนวณกฎของแรงลอเรนซ์ที่เกิดจากการท่องจำมาเท่านั้น แต่ไม่สามารถอธิบายตามหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์หรือมีความเข้าใจจากการอธิบายตามกฎของแรงลอเรนซ์ (Lorentz AC) ซึ่งพบอยู่ในประเด็นที่ 1 มากที่สุด และพบนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการพิจารณาแผ่นโลหะกำลังเคลื่อนที่ผ่านหรือตัดผ่านสนามแม่เหล็กหรือลักษณะการวางของแผ่นโลหะกับสนามแม่เหล็ก แต่ไม่ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กหรือการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กบนแผ่นโลหะ (A and $\vec{B}$) ซึ่งพบเป็นจำนวนมากในประเด็นที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนรู้จักหลักการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามการทดลองของฟาราเดย์ (Faraday's experiment) แต่อาจไม่เข้าใจหรือไม่ได้จดจำหลักการที่ถูกต้อง ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงประเด็นที่ครอบงำจิตใจของนักเรียนว่านักเรียนอาจจะเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนได้จากการทดลองที่เคยพบเจอหรือจากรูปแบบการสอนที่ผ่านการทดลองหรือครูเคยสาธิตให้เห็น แต่ไม่ได้มุ่งเน้นการอธิบายตามหลักการที่ต้องสมบูรณ์ของการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guisasola และคณะ (2013) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจหลักการการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ถูกต้อง (EMI model) โดยจะหลีกเลี่ยงการอธิบายเรื่องการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก (Macroscopic level) และแรงกระทำของสนามแม่เหล็กกับอิเล็กตรอน (Microscopic level) จากงานวิจัยดังกล่าวยังพบการอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากการท่องจำสูตรคำนวณที่ไม่ดีและที่แย่ไปกว่านั้นคือ มีการสร้างสูตรใหม่ขึ้นมาเอง นอกจากนี้ยังพบการให้เหตุผลว่าไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะเพราะว่าไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำหรือบริเวณแผ่นโลหะเป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างของสนามแม่เหล็ก หรือเป็นจุดสะเทิน และพบนักเรียนที่มีความเข้าใจการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนโดยพิจารณาเพียงตำแหน่งของแผ่นโลหะกับขั้วแม่เหล็ก และบางส่วนเข้าใจว่าแผ่นโลหะถูกแม่เหล็กออกแรงดึงดูดและผลักให้เคลื่อนที่ พบจำนวนมากในประเด็นที่ 2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการพิจารณาเรื่องขั้วแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็ก (Magnet or $\vec{B}$) ทำให้ทราบว่านักเรียนมีปัญหาในประเด็นเรื่องสนามแม่เหล็ก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คำตอบตามตารางที่ 3 ที่พบว่านักเรียนตอบถูกในข้อคำถามที่ 2 มีจำนวนน้อยกว่าข้อคำถามที่ 3 นอกจากนี้ยังพบนักเรียนที่ไม่มีการแสดงความเข้าใจออกมาหรือไม่มีความเข้าใจเลย (NU) อยู่ในทุกประเด็น คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 16.67

2. ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะ

จากผลการวิจัยยังทำให้ทราบว่านักเรียนยังมีปัญหาในประเด็นเรื่องการใช้กฎมือขวา โดยผลการวิเคราะห์คำตอบที่พบนักเรียนต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่ได้คะแนนเต็มในประเด็นที่ 4 การใช้กฎมือขวาระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยในจำนวนนี้มีเพียง 2-4 คนเท่านั้นที่ระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนบนแผ่นโลหะที่มีลักษณะหมุนวนตามทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตามกฎของเลนซ์ได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นการย่ำให้ทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความปัญหาในการประยุกต์ใช้กฎของเลนซ์ (Lenz's law)

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการศึกษาในระดับสูงต่อไป ดังนั้นผลการสำรวจความเข้าใจนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตลอดจนพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่ามึนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องการระบุทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงควรได้รับการต่อยอดในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยที่สามารถทำให้ผู้เรียนได้ศึกษาทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลวนแบบเชิงประจักษ์

เอกสารอ้างอิง

- ธวัชชัย สายสนิท และ วิริยะ คชพงษ์. (2556). *กรณีศึกษากระบวนการเบรกรถไฟฟ้าบีทีเอสของบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). ภาควิชาวิศวกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- Çalik, M., Ayas, A. and Coll, K. R. (2008). Investigating the Effectiveness of an Analogy activity in Improving students' Conceptual change for solution Chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 651-676.
- Guisasola, J., Almudi, J.M. and Zuza, K. (2013). University Students' Understanding of Electromagnetic Induction. *International Journal of Science Education*, 35, 2692-2717.
- Hasegawa, I. and Uchida, S. (1999). Braking System. *Japan Railway & Transport Review*, 20, 52-59.
- J A Molina-Bolívar and A J Abella-Palacios. (2012). A laboratory activity on the Eddy Current brake. *European Journal of Physics*, 33, 697-707.
- Jelicic, K., Planinic, M. and Planinsic, G. (2017). Analyzing High School Students' reasoning about Electromagnetic Induction. *Physical Review Physics Education Research*, 13, 010112(1) - 010112(18).
- Maloney, D.P., O'Kuma, T.L., Hieggelke, C.J. and Heuvelen, A.V. (2001). Surveying Students' Conceptual knowledge of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 69, S12-S23.
- Sağlam, M. and Millar, R. (2005). Diagnostic Test of Students' Ideas in Electromagnetism (*Research Paper*). United Kingdom: Department of Educational Studies, University of York.
- Sağlam, M. and Millar, R. (2006). Upper High School Students' Understanding of Electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28, 543-566.
- Thornton, R.K. and Sokoloff, D.R. (1998). Assessing Student learning of Newton's law: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics*, 66, 338-352.
- Zuza, K., Almudi, J.M., Leniz, A. and Guisasola, J. (2014). Addressing Students' Difficulties with Faraday's law: A guided problem-solving approach. *Physical Review Physics Education Research*, 10, 010122(1) - 010122(16).