การศึกษาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Study of the scientific understanding of Newton's Third Law of Motion for high school students

หทัยชนก บัณฑิตลักษณะ[1], กิตติศักดิ์ชัย แนมจันทร์[2], พันเทพ รัตนานุพงศ์[3], ธนกฤต ช่างสลัก[4], แสงกฤช กลั่นบุศย์[5]

[1]คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, hathaichanok.band@mail.kmutt.ac.th

[2]คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี kittisakchai.nae@kmutt.ac.th

[3]คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี punthep.ratt@kmutt.ac.th

[4]โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา, thanakritchangsalak@gmail.com

[5]คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี saengkrit.klu@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบทดสอบและนำไปสำรวจความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 74 คน แบบทดสอบถูกออกแบบให้เป็นคำถามแบบอัตนัย โดยการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระและระบุขนาดของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา จำนวน 4 ข้อ ครอบคลุม 4 จุดประสงค์การเรียนรู้ และถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลที่ได้ผ่านมาตรฐานในทุกข้อ ผลการสำรวจพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 23 และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ รถที่มีความเร็วมากกว่าจะออกแรงมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 82 รองลงมาคือประเด็นที่นักเรียนเข้าใจว่า รถบรรทุกมีมวลใหญ่กว่ารถยนต์ ทำให้รถยนต์ออกแรงกระทำมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 79 และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือแรงจากรถยนต์มีค่าแรงมากว่าแรงของกำแพง คิดเป็นร้อยละ 70

คำหลัก: กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน, ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน, แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา

Abstract

This research aimed to develop a test and use it to investigate students' scientific understanding of Newton's Third Law. The sample group consisted of 74 upper secondary school students. The test was designed as an open-ended assessment in

which students were required to draw free-body diagrams and indicate the magnitudes of action–reaction forces. The test consisted of four questions covering four learning objectives. The instrument was examined for quality in terms of content validity, discrimination index, and difficulty index by experts, and the results indicated that all items met the required standards. The findings revealed that students demonstrated an average correct understanding of 23%. The most common misconception was the belief that a car moving at a higher speed exerts a greater force, accounting for 82%. The second most common misconception was that because a truck has a greater mass than a car, the car exerts a greater force on the truck, accounting for 79%. The least common misconception, accounting for 70%, was the belief that the force exerted by the car is greater than that exerted by the wall.

Keywords: Newton’s Third Law, Misconceptions, Action-Reaction Forces

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สอนให้นักเรียนรู้จักการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การทดลอง และการตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการพื้นฐานของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ (Lederman, 2007) โดยเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็นสาขาหลัก ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งแต่ละสาขามีขอบเขตการศึกษาแตกต่างกันแต่มีความเชื่อมโยงกันในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (McComas, 2014) ฟิสิกส์จึงเป็นวิชาพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของมนุษย์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยหลักเหตุและผลที่สามารถพิสูจน์ได้ด้วยการทดลอง การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติ รู้จักการคิด วิเคราะห์อย่างมีเหตุและผล สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ,2560)อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนที่เรียนรู้การสอนฟิสิกส์ผ่านการท่องจำมากกว่าการเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน ทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในเนื้อหากลศาสตร์ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ (Halloun & Hestenes, 1985) ในรายวิชาฟิสิกส์ มีเนื้อหา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหัวข้อกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่นักเรียนส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสอนแบบท่องจำ และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนทางด้านทฤษฎี ที่จะส่งผลทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดอยู่เสมอ ซึ่งในนั้นคือกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ที่กล่าวไว้ว่า “เมื่อวัตถุสองก้อนมีปฏิกิริยาต่อกัน แรงบนวัตถุก้อนหนึ่งจะเท่าและมีทิศตรงกันข้ามกับแรงบนวัตถุก้อนหนึ่งเสมอ” หนึ่งในประเด็นที่นักเรียนมักเกิดความเข้าใจ

คลาดเคลื่อนคือ วัตถุที่มีความเร็วมากจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีความเร็วน้อย และวัตถุที่มีมวลมากจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย นอกจากนี้ยังเข้าใจว่าวัตถุที่หยุดนิ่งจะไม่ออกแรงกระทำ ซึ่งเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวความคิดแรงคู่กิริยา-แรงปฏิกิริยา (สมบัติ สมบูรณ์, 2562) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อรองรับและลดผลกระทบ จากแรงกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุ เช่นกันชนรถยนต์ ที่ช่วยลดแรงปะทะขณะเกิดการชน ถุงลมนิรภัยที่รับแรงกระแทกขณะเกิดอุบัติเหตุ รองเท้าวิ่งที่มีแผ่นช่วยซับแรงขณะเคลื่อนไหว เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ล้วนสะท้อนหลักการ การออกแบบตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนหนึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากผ่านการเรียน เพื่อจะได้นำข้อมูล ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งในการปรับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม การใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอในการสะท้อนความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เนื่องจากมักมุ่งเน้นการวัดความรู้เชิงกระบวนการ เช่น การจดจำและการคำนวณ ซึ่งไม่สามารถแสดงให้เห็นโครงสร้างความคิดหรือเหตุผลของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน (Bloom, 1956; Anderson & Krathwohl, 2001) ในขณะที่แบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มุ่งสำรวจความเข้าใจเชิงแนวคิด โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลและแสดงกระบวนการคิด จึงสามารถตรวจสอบความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992; Novak, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนำไปใช้สำรวจกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6โรงเรียนสามโคก องค์การบริหารส่วนจังหวัดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี เพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และความเข้าใจ ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

วัตถุประสงค์

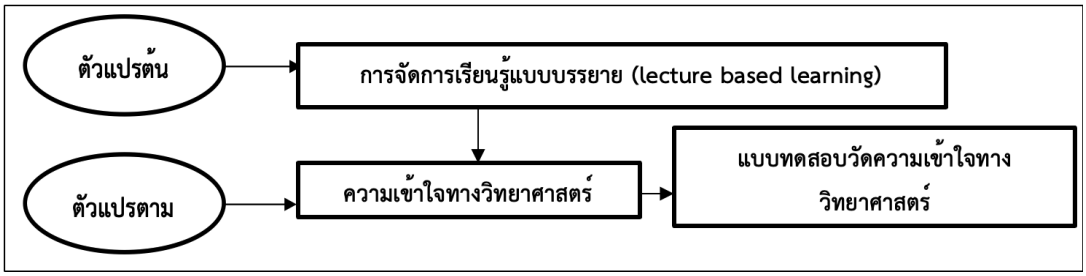
1. ออกแบบข้อสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา
2. สำรวจและวิเคราะห์ผลความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ที่ได้มาตรฐาน
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความเข้าใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เกี่ยวกับกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน มาใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ชุดกิจกรรม สื่อการจัดการเรียนรู้

กรอบแนวคิด

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย (lecture based learning) ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการเตรียมเนื้อหาสาระ แล้วบรรยายคือ พูด บอกเล่า อธิบาย เนื้อหาสาระหรือสิ่งที่ต้องการสอนแก่ผู้เรียนและประเมินผล การเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง (ทิศนา แขมมณี, 2550) หลังจากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ว่านักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ในประเด็นใดและอย่างไร โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยตามแนวคิดนรินทร์ สุขพิลาภ และแสงกฤช กลั่นบุศย์ (2565) แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ซึ่งผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ใบรับรองเลขที่ KMUTT-IRB-COA-2026-033 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมีรายละเอียดระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสามโคก องค์การบริหารส่วนจังหวัดปทุมธานี ปีการศึกษา 2568 จำนวน 5 ห้อง รวม 142 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสามโคก องค์การบริหารส่วนจังหวัดปทุมธานี ปีการศึกษา 2568 ที่ผ่านการมาเรียนในเรื่องกฎข้อที่ 3 ของนิวตันมาแล้ว จำนวน 2 ห้อง ห้องแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ รวม 74 คน

2. ขอบเขตงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัยเป็นรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ในหัวข้อเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 และใช้เวลาในทดสอบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 นาที

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อที่ 3 พิจารณาเนื้อหาและความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลังจากนั้นจึงกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และออกแบบแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อใหญ่ (รวมทั้งหมด 10 ข้อ) แบบทดสอบได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 และได้ตรวจสอบหาค่าความยากง่ายรายข้ออยู่ระหว่าง 0.3-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.6 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (พิชิตชัย ฤทธิ์จรูญ ,2552) ดังนั้นข้อสอบทั้งฉบับจึงอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถนำไปใช้ต่อได้ จึงได้แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน จำนวน จำนวน 4 ข้อใหญ่ (รวมทั้งหมด 10 ข้อ) ครอบคลุม 4 จุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงดังตาราง 1

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบว่าในงานวิจัยนี้ จะไม่เผยแพร่ข้อมูลอันเป็นความลับที่สามารถระบุตัวตนของกลุ่มตัวอย่างได้ และให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอมในหนังสือแสดงเจตนายินยอมอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งนักเรียนทั้งหมดให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นให้นักเรียน ทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 3 ของนิวตัน เป็นเวลา 30 นาที และผู้วิจัยได้รวบรวมคำตอบของนักเรียนนำมาจัดกลุ่มคำตอบ และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจัดระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายข้อ รายจุดประสงค์การเรียนรู้ และสรุปประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ตาราง 1 จุดประสงค์การเรียนรู้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันที่สอดคล้องกับแบบทดสอบวัดความเข้าใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่
1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น **ในกรณีที่วางวัตถุสองชิ้นบนพื้นเอียง โดยวัตถุทั้งสองสัมผัสกันและยังไม่เคลื่อนที่**	1.1, 1.2, 1.3
2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น **ในขณะที่วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลเท่ากัน**	2.1, 2.2, 2.3
3. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น **ในขณะที่วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลไม่เท่ากัน**	3.1, 3.2
4. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น **ในขณะที่วัตถุซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่**	4.1, 4.2

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนจากการเขียนคำตอบแล้วนำมาจัดระดับความเข้าใจโดยการตรวจคำตอบจากการตอบคำถามในแต่ละข้อย่อยโดยพิจารณาคำตอบ 3 ส่วนได้แก่การเขียนระบุขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ถ้าตอบถูกต้องทั้ง 3 ส่วนจึงได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดส่วนใดส่วนหนึ่งหรือผิดทั้งสามส่วนได้ 0 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด10 คะแนน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจเพื่อเปรียบเทียบในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ สุดท้ายผู้วิจัยได้ระบุประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

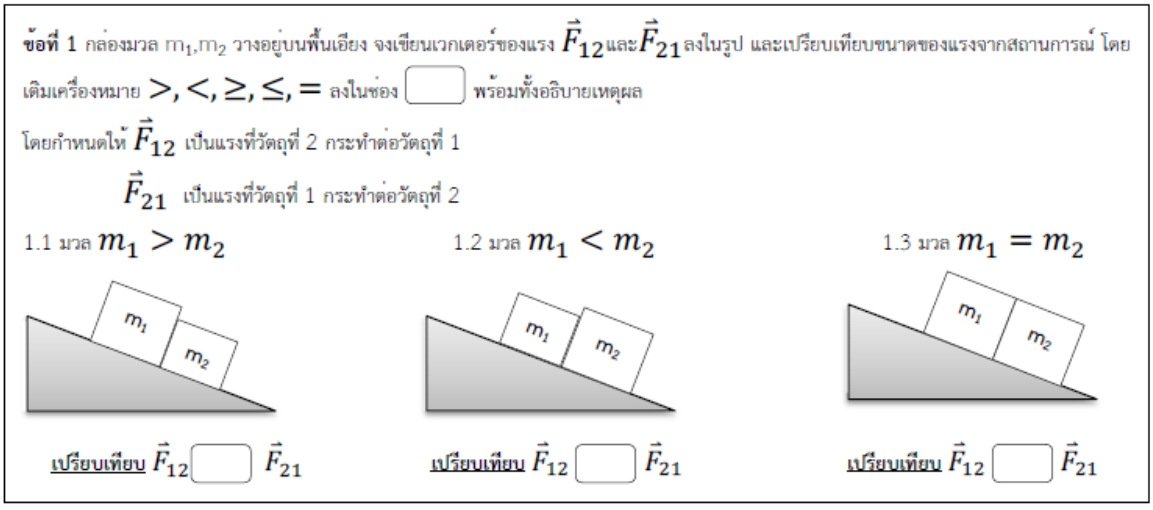
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบข้อสอบเพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและได้นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลผลการสำรวจดังนี้

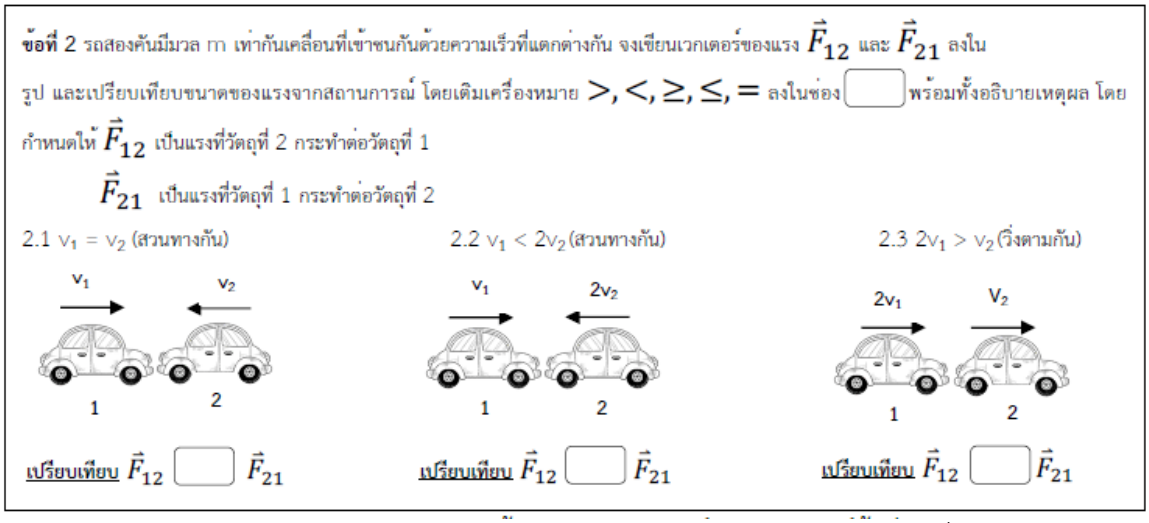
1. ข้อสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา

ข้อสอบที่ใช้ในการสำรวจความเข้าใจผ่านการตรวจสอบคุณภาพและสามารถในงานวิจัยนี้ได้ จำนวน 4 ข้อ ครอบคลุม 4 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ แสดงดังภาพ 2-5

จากภาพ 2 เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา รวมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ อธิบายแรงทั้งสองโดยให้เขียนลงไปในข้อสอบให้ถูกต้องทั้งขนาด ทิศทาง และตำแหน่ง ในกรณีที่วัตถุสองชิ้นบนพื้นเอียง โดยวัตถุทั้งสองสัมผัสกันและยังไม่เคลื่อนที่

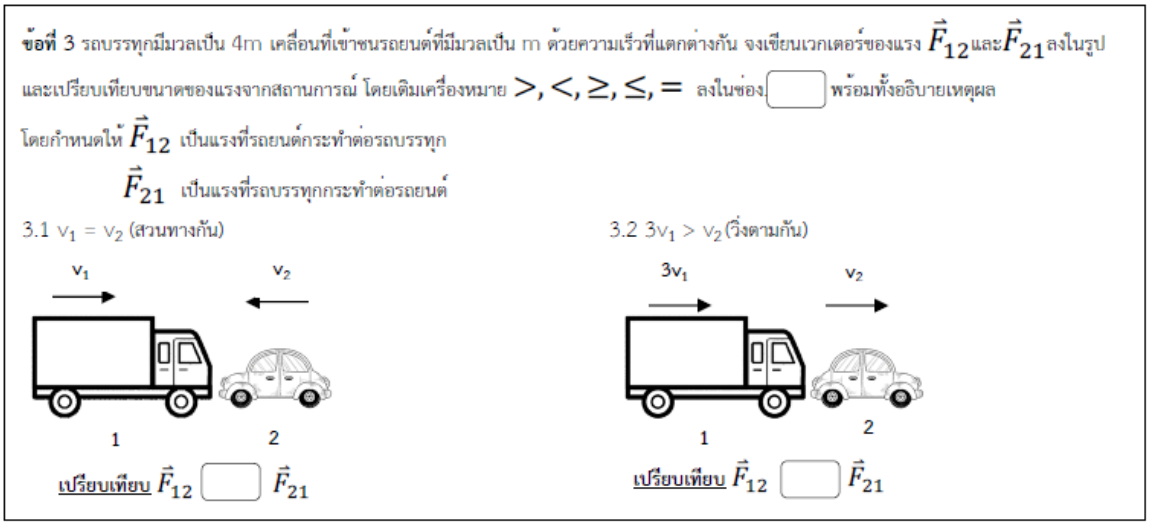


ภาพ 2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในจุดประสงค์ข้อที่ 1

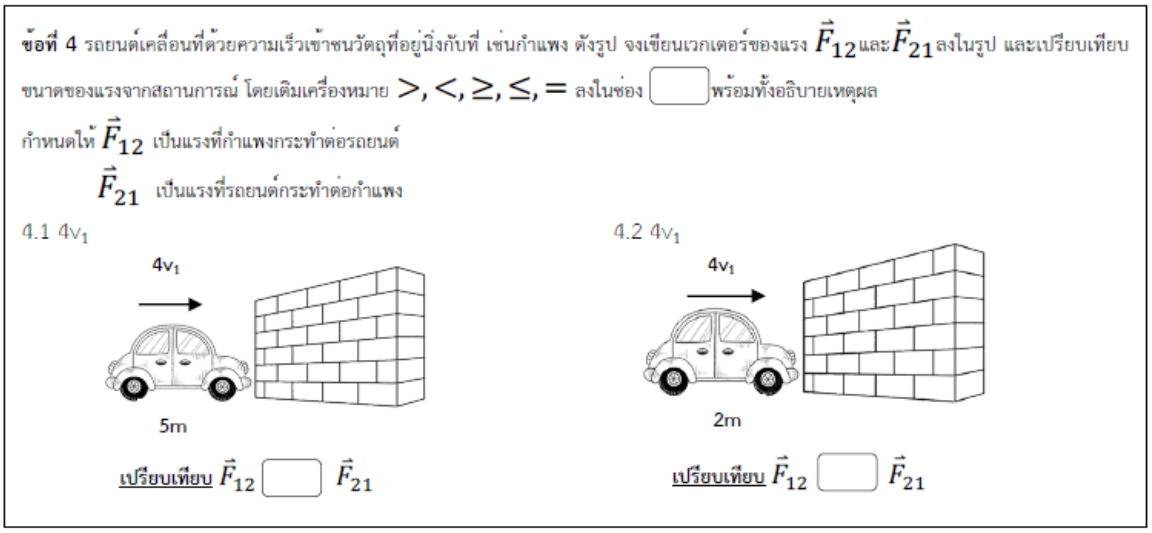


ภาพ 3 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในจุดประสงค์ข้อที่ 2

แบบทดสอบข้อที่ 2 ออกแบบเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา รวมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ อธิบายแรงทั้งสองโดยให้เขียนลงไปในข้อสอบให้ถูกต้องทั้งขนาด ทิศทาง และตำแหน่ง ในกรณีที่รถที่มีมวลเท่ากัน วิ่งเข้าชนกันทั้งด้านหน้าและด้านหลังโดยความเร็วของรถทั้งสองมีเท่ากันและต่างกัน นอกจากนี้ในแบบทดสอบข้อที่ 3 เป็นลักษณะการชนกันของรถคล้ายกับข้อที่ 2 แต่มีขนาดของมวลรถทั้งสองที่ไม่เท่ากัน ลักษณะของคำถามเพื่อสำรวจความเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับขนาดของแรงที่กระทำต่อกันในทุกกรณี แสดงดังภาพ 3 และภาพ 4



ภาพ 4 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในจุดประสงค์ข้อที่ 3



ภาพ 5 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในจุดประสงค์ข้อที่ 4

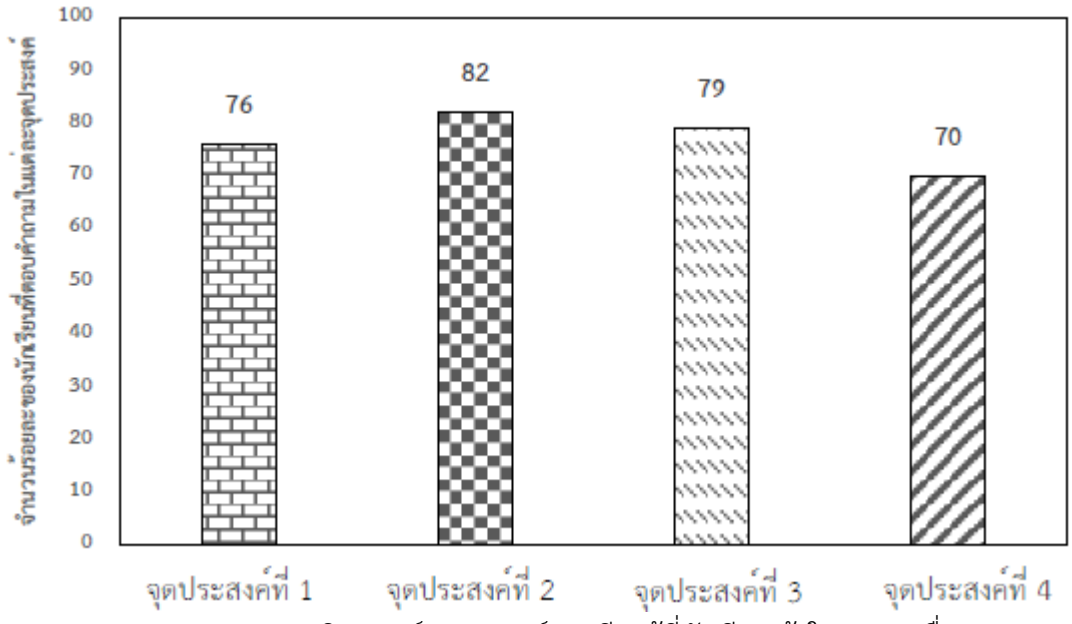
จากภาพ 5 เป็นลักษณะคำถามที่ให้เปรียบเทียบขนาดแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา กรณีรถยนต์วิ่งเข้าชนกำแพง เมื่อกำหนดให้รถยนต์ทั้งสองคันมีมวลที่ต่างกัน 2 เท่า โดยให้นักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ อธิบายขนาด ตำแหน่งและทิศทาง

2. การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้และรายข้อคำถาม

ผลการสำรวจโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันโดยผลการสำรวจสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ วิเคราะห์รายจุดประสงค์และรายข้อพร้อมทั้งอธิบายตัวอย่างการตอบของนักเรียน และวิเคราะห์ประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

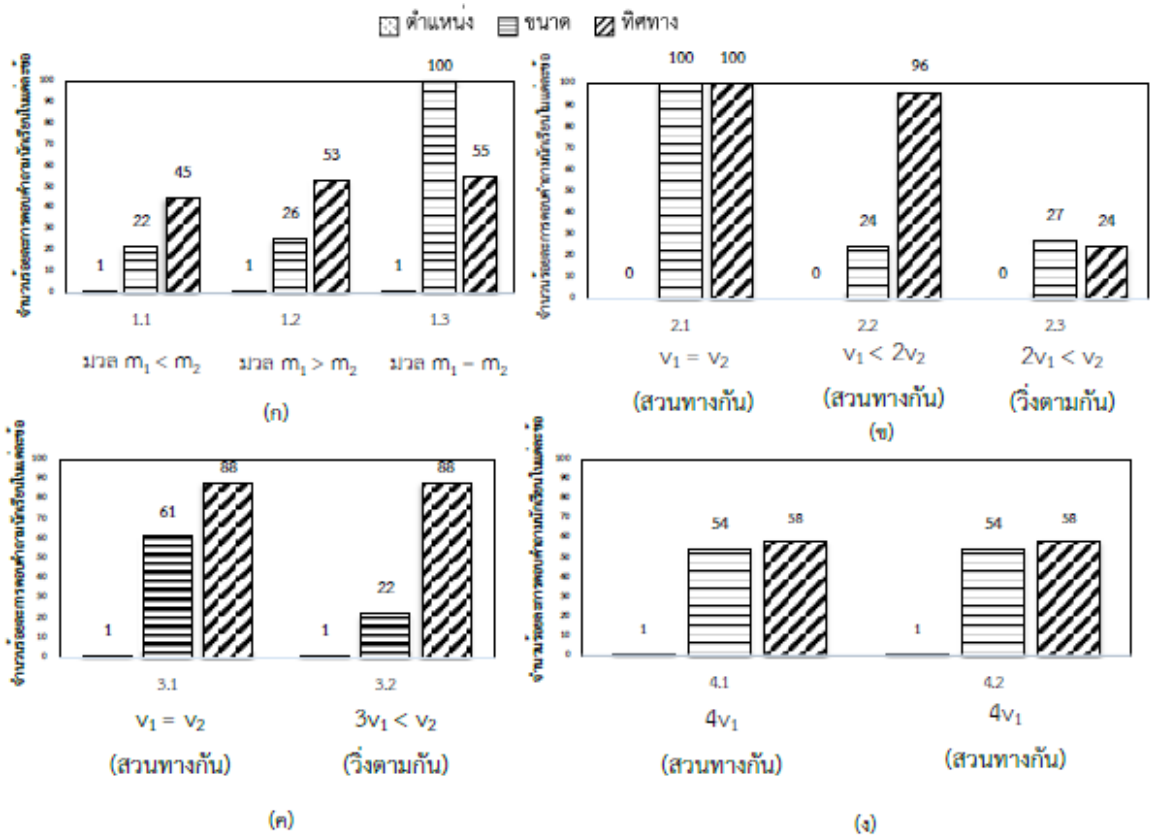
2.1 วิเคราะห์รายจุดประสงค์และรายข้อ พร้อมทั้งอธิบายตัวอย่างการตอบของนักเรียน

จากการรวบรวมคำตอบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ปีการศึกษา 2568 จำนวน 74 คน ที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อใหญ่ (รวมทั้งหมด 10 ข้อ) สามารถสรุปผลสำรวจความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละจุดประสงค์ได้ดังภาพ 6



ภาพ 6 ผลการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน

ผลการสำรวจความเข้าใจของนักเรียนในจุดประสงค์การเรียนรู้ต่างๆ จากภาพ 6 พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง ร้อยละ 23 และนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้าชนกันและวัตถุหยุดนิ่งบนพื้นเอียงที่สัมผัสกันสองชนิด โดยเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 77 โดยจุดประสงค์ที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือจุดประสงค์ที่ 2 (วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลเท่ากัน) คิดเป็นร้อยละ 82 รองลงมาคือจุดประสงค์ที่ 3 (วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลไม่เท่ากัน) คิดเป็นร้อยละ 79 และจุดประสงค์ที่ 1 (วัตถุสองชิ้นบนพื้นเอียง โดยวัตถุทั้งสองสัมผัสกันและยังไม่เคลื่อนที่) ร้อยละ 76 และจุดประสงค์ที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือร้อยละ 70 ในจุดประสงค์ที่ 4 (วัตถุซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่) นอกจากนั้นได้วิเคราะห์ผลการสำรวจแยกเป็นรายข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ ดังภาพ 7 โดยนำเสนอเป็นร้อยละของการตอบถูกทั้งตำแหน่ง ขนาด และทิศทางของแรงที่กระทำกับวัตถุทั้งแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา



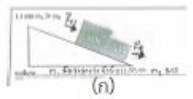
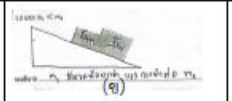
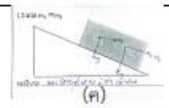
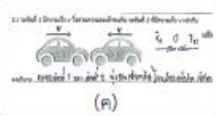
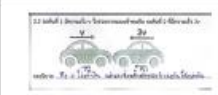
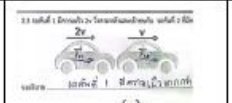
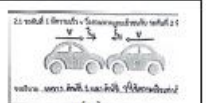
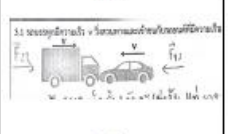
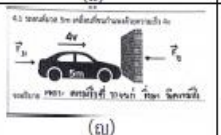
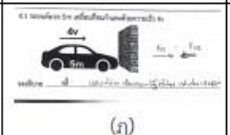
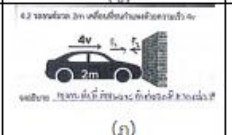
ภาพ 7 ร้อยละการตอบคำถามของนักเรียนที่ถูกต้องในการระบุตำแหน่ง ขนาด และทิศทาง
(ก) ข้อคำถามที่ 1 (ข) ข้อคำถามที่ 2 (ค) ข้อคำถามที่ 3 (ง) ข้อคำถามที่ 4

จากภาพ 7 (ก) ในคำถามที่ 1.1-1.3 ซึ่งเป็นกรณี m1 > m2, m1 < m2 และ m1 = m2 ตามลำดับ เมื่อ วางวัตถุสองชนิดอยู่บนพื้นเอียง พบว่า นักเรียนมีความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของแรงถูกต้องเพียงร้อยละ 1 ในทุกกรณี ในส่วนของการอธิบายขนาดของแรงพบว่า ในกรณีที่มวลแตกต่างกัน (m1 > m2 และ m1 < m2) นักเรียนตอบถูก ร้อยละ 22 และ 26 ตามลำดับ ในขณะที่กรณี m1 = m2 นักเรียนสามารถตอบถูกได้สูงถึงร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าแรงมีขนาดเท่ากันเมื่อมวลเท่ากัน สำหรับการอธิบายทิศทางของแรง นักเรียนตอบถูกกรณี m1 > m2 ร้อยละ 45, m1 < m2 ร้อยละ 53 และ m1 = m2 ร้อยละ 55 ในข้อคำถามที่ 2.1-2.3 แสดงดังภาพ 7 (ข) ในกรณีที่มวลของวัตถุมีขนาดเท่ากัน เคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน (v1 = v2 สวนทางกัน, v1 < 2v2 สวนทางกัน และ 2v1 < v2 วิ่งตามกัน) พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งของแรงได้ถูกต้องในทุกกรณี คิดเป็นร้อยละ 0 กรณีอธิบายขนาดของแรงเมื่อ v1 = v2 (สวนทางกัน) นักเรียนตอบถูกสูงถึงร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าแรงมีขนาดเท่ากันเมื่อมีความเร็วเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อความเร็วแตกต่างกัน (ข้อ 2.2 และ 2.3) ร้อยละของการตอบถูกลดลงเหลือ 24 และ 27 ตามลำดับ นอกจากนี้กรณีอธิบายทิศทาง

ของแรง พบว่า นักเรียนตอบถูกในระดับสูงเมื่อ v1 = v2 (สวนทางกัน), v1 < 2v2 (สวนทางกัน) คิดเป็นร้อยละ 100 และ 96 ตามลำดับ แต่ในข้อ 2.3 2v1 < v2 (วิ่งตามกัน) มีนักเรียนตอบถูกเพียงร้อยละ 24

ผลการวิเคราะห์ในข้อคำถามที่ 3.1 -3.2 แสดงดังภาพ 7 (ค) ในกรณีที่มวลของวัตถุมีขนาดไม่เท่ากัน เคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกัน (v1 = v2 สวนทางกัน และ 3v1 < v2 วิ่งตามกัน) พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งของแรงได้ถูกต้องในทุกกรณี คิดเป็นร้อยละ 1 ส่วนการอธิบายขนาดของแรงในกรณี v1 = v2 (สวนทางกัน) นักเรียนตอบถูกสูงถึงร้อยละ 61 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าแรงมีขนาดเท่ากันเมื่อมีความเร็วเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อความเร็วแตกต่างกัน ข้อ 3.2 ร้อยละของการตอบถูกลดลงเหลือ 22 นักเรียนบางส่วนยังเข้าใจว่าขนาดของแรงขึ้นอยู่กับความเร็วและมวลของวัตถุ สำหรับการอธิบายทิศทางของแรง พบว่า นักเรียนตอบถูกในระดับสูงในกรณี v1 = v2 สวนทางกัน คิดเป็นร้อยละ 88 แต่ในข้อ 3.2 v1 < 3v2 (วิ่งตามกัน) มีนักเรียนตอบถูกเพียงร้อยละ 24 ผลการวิเคราะห์กรณีวัตถุวิ่งชนกำแพงในข้อคำถามที่ 4.1-4.2 แสดงดังภาพ 7 (ง) ในกรณีที่วัตถุมวลต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่ง พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งของแรงได้ถูกต้องในทุกกรณีคิดเป็นร้อยละ 1 ขนาดของแรงในกรณีที่ 4.1 , 4.2 นักเรียนตอบถูกสูงถึงร้อยละ 54 ต่อมาในกรณีอธิบายทิศทางของแรง พบว่านักเรียนตอบถูกร้อยละ 58 ทั้งสองเงื่อนไข โดยแสดงลักษณะคำตอบ การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ เพื่อพิจารณาการระบุตำแหน่ง (ตาราง 2) ระบุขนาด (ตาราง 3) และทิศทาง (ตาราง 4) ของแรงที่กระทำต่อกัน

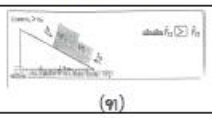
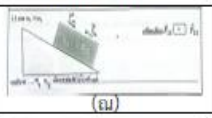
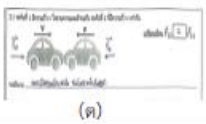
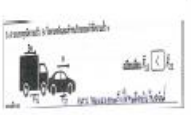
ตาราง 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละสถานการณ์ (ตำแหน่ง)

สถานการณ์	ตำแหน่งแบบที่ 1	ตำแหน่งแบบที่ 2	ตำแหน่งแบบที่ 3	ตำแหน่งแบบที่ 4
1. กล่องมวล m_1, m_2 วางอยู่บนพื้นเอียง	 (ก)	(ข)	 (ฆ)	 (ค)
2. รถสองคันมีมวล m เท่ากัน เคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	 (ค)	 (ฆ)	 (ง)	 (จ)
3. รถบรรทุกมีมวลเป็น 4m เคลื่อนที่เข้าชนรถยนต์ที่มีมวลเป็น m ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	(ฉ)	 (ช)	(ซ)	(ฌ)
4. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่ เช่นกำแพง	 (ญ)	 (ฎ)	 (ฏ)	(ฐ)

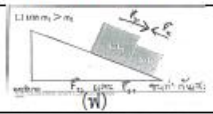
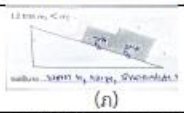
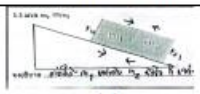
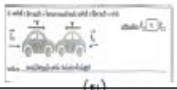
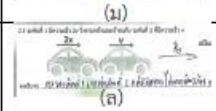
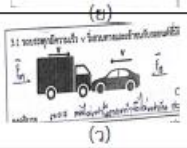
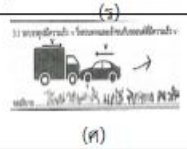
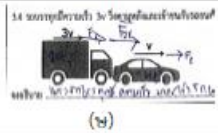
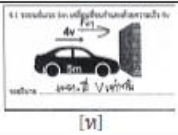
จากตาราง 2 แสดงลักษณะการวาดภาพที่ผิดตำแหน่ง ในสถานการณ์ที่ 1 กล่องมวล m1,m2 วางอยู่บนพื้นเอียง นักเรียนวางตำแหน่งของแรงไว้หลายแบบได้แก่ วางแรงไว้ด้านนอกมวล, ใต้ฐานของมวล, ตรงกลางมวล และมีการแตกแรงตามแนวพื้นเอียง ทำให้ทราบว่านักเรียนวาดตำแหน่งของแรงตาม

แนวความคิดว่าแรงเกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งของวัตถุ เช่น จุดศูนย์กลางมวล หรือบริเวณฐานสัมผัสมวลใน สถานการณ์ที่ 2 รถสองคันมีมวล m เท่ากันเคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน พบว่านักเรียน ยังวางตำแหน่งของแรงไว้ในลักษระที่ผิดเหมือนสถานการณ์ที่ 1 เช่น วางนอกตัวรถ, ใต้ฐานของรถ, วางไว้ ตรงกลางรถ และ วางไว้ตรงกลางด้านบนรถ ทำให้ทราบว่านักเรียนยังสับสนเกี่ยวกับตำแหน่งของแรง ในส่วนของในสถานการณ์ที่ 3 และ 4 นักเรียนก็ยังเขียนตำแหน่งของแรงผิดในลักษณะเดิม

ตาราง 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละสถานการณ์ (ขนาด)

สถานการณ์	ขนาดแบบที่ 1	ขนาดแบบที่ 2	ขนาดแบบที่ 3	ขนาดแบบที่ 4
1. กล่องมวล m_1,m_2 วางอยู่บนพื้นเอียง	 (ท)	(ฒ)	 (ณ)	
2. รถสองคันมีมวล m เท่ากันเคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	 (ด)	(ต)	(ถ)	
3. รถบรรทุกมีมวลเป็น 4m เคลื่อนที่เข้าชนรถยนต์ที่มีมวลเป็น m ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	(ท)	(ธ)	(น)	 (บ)
4. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่ เช่นกำแพง	[ป]	[ผ]	[ฝ]	[พ]

ตาราง 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละสถานการณ์ (ทิศทาง)

สถานการณ์	ทิศทางแบบที่ 1	ทิศทางแบบที่ 2	ทิศทางแบบที่ 3
1. กล่องมวล m_1,m_2 วางอยู่บนพื้นเอียง	 (ฟ)	 (ภ)	 (ม)
2. รถสองคันมีมวล m เท่ากันเคลื่อนที่เข้าชนกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	 (ย)	(ร)	 (ล)
3. รถบรรทุกมีมวลเป็น 4m เคลื่อนที่เข้าชนรถยนต์ที่มีมวลเป็น m ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน	 (ว)	 (ศ)	 (ษ)
4. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่ เช่นกำแพง	[ส]	 [ห]	[ห]

ตัวอย่างลักษณะการระบุขนาดของแรงทั้ง 4 สถานการณ์ แสดงดังตาราง 3 พบว่า ในสถานการณ์ที่ 1 นักเรียนระบุขนาดของแรงทั้งมากกว่า และน้อยกว่าจำนวนมาก ส่วนสถานการณ์ที่ 2 เป็นกรณีมวลเท่ากัน นักเรียนสามารถตอบได้ว่ามีขนาดของแรงจะเท่ากัน แต่ถ้ามวลต่างกัน เช่นสถานการณ์ที่ 3 นักเรียนจะระบุว่าขนาดของแรงขึ้นกับมวลของรถ ส่วนสถานการณ์ที่ 4 วัตถุเคลื่อนที่เข้าชนกำแพง นักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่าแรงมีขนาดที่เท่ากัน ส่วนตาราง 4 เป็นลักษณะคำตอบเกี่ยวกับการบอกทิศทางของแรงทั้ง 4 สถานการณ์ โดยนักเรียนระบุทิศทางของแรงตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถทั้งที่มีมวลมาก และมวลน้อยตามสถานการณ์ที่ 2-4 นอกจากนี้นักเรียนจะระบุทิศของแรง เมื่อวัตถุหยุดนิ่งบนพื้นเอียงตามทิศทางที่พื้นเอียงไหลลง ดังสถานการณ์ที่ 1

2.2 วิเคราะห์ประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

งานวิจัยนี้สามารถสรุปประเด็นความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนได้ 4 ประเด็น โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82 รถที่มีความเร็วมากกว่าจะออกแรงมากกว่า รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 79 คือ รถบรรทุกมีมวลใหญ่กว่ารถยนต์ ทำให้รถยนต์ออกแรงกระทำมากกว่า วัตถุที่มีมวลมากจะออกแรงมากกว่าวัตถุที่มวลน้อย ร้อยละ 76 และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70 คือ แรงจากรถยนต์มีค่าแรงมากกว่าแรงของกำแพง

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 74 คน ปีการศึกษา 2568 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้ว โดยได้ออกแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จำนวน 4 ข้อใหญ่ (รวมทั้งหมด 10 ข้อ) ครอบคลุม 4 จุดประสงค์การเรียนรู้ โดยแบบทดสอบผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและสามารถนำไปใช้ต่อได้ในทุกข้อคำถาม ผลการสำรวจพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่ถูกต้องทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 23 โดยแบ่งตามจุดประสงค์ ดังนี้ 1) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น ในกรณีที่วางวัตถุสองชิ้นบนพื้นเอียง โดยวัตถุทั้งสองสัมผัสกันและยังไม่เคลื่อนที่คิดเป็นร้อยละ 24 2) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น ในขณะที่วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 18 3) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น ในขณะที่วัตถุสองชิ้นวิ่งด้วยความเร็วที่ต่างกันเข้าชนกัน โดยวัตถุทั้งสองมีขนาดของมวลไม่เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 21 และ 4) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันที่เกิดขึ้น ในขณะที่วัตถุซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเข้าชนวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่ คิดเป็นร้อยละ 30 และงานวิจัยนี้ สามารถสรุปประเด็นความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่

คลาดเคลื่อนได้ 4 ประเด็น โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82 คือรถที่มีความเร็วมากกว่าจะออกแรงมากกว่า รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 79 คือ รถบรรทุกมีมวลใหญ่กว่ารถยนต์ ทำให้รถยนต์ออกแรงกระทำมากกว่า ซึ่งผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายที่ไม่มีการทดลองหรือการจัดกิจกรรมให้นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติ จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยผลการสำรวจดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนที่ต้องการสร้างสื่อการสอน หรือนวัตกรรม ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาและความเข้าใจที่คงทนมากขึ้น

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลการสำรวจผ่านแบบทดสอบทั้ง 4 ข้อ เกี่ยวกับขนาดของแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา ที่จะต้องเท่ากันเสมอเมื่อมีการออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน ไม่ว่าวัตถุทั้งสองกระทำต่อกันจะมีมวลหรือความเร็วที่ต่างกัน แต่ผลที่ได้พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 23 จากผลการสำรวจนี้อาจพอสรุปได้ว่านักเรียนไม่ได้เข้าใจฟิสิกส์พื้นฐานอย่างถ่องแท้ นักเรียนเรียนรู้ผ่านการท่องจำมากกว่าการเข้าใจ จากการลงมือปฏิบัติ ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Halloun & Hestenes, 1985) นอกจากการสำรวจในเนื้อหาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถานการณ์ที่วัตถุเคลื่อนที่เข้าหากัน/ชนกัน ทั้งกรณีที่มีมวลเท่ากันหรือต่างกัน และ ความเร็วเท่ากันหรือต่างกัน ผลที่ได้พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนโดยเข้าใจว่า แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา จะมีค่าไม่เท่ากัน โดยขนาดของแรงจะมีค่ามากเมื่อวัตถุก้อนนั้นมีมวลมาก คิดเป็นร้อยละ 78 (จากข้อคำถามที่ 3.2) และขนาดของแรงก็จะมีค่ามากเมื่อวัตถุมีความเร็วมากเช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 76 (จากข้อคำถามที่ 2.2) ซึ่งผลการสำรวจนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมบัติ สมบูรณ์ (2562) ที่กล่าวไว้ว่า วัตถุที่มีความเร็วมากจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีความเร็วน้อย และวัตถุที่มีมวลมากจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย นอกจากนี้ยังเข้าใจว่าวัตถุที่หยุดนิ่งจะไม่ออกแรงกระทำ และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Hesteneset al. (1992) ที่กล่าวว่าถ้ามวลวัตถุมีค่ามาก จะออกแรงมาก มวลวัตถุมีค่าน้อยจะออกแรงน้อย จากการข้อมูลการสำรวจนี้เป็นประโยชน์อย่างมากต่อครูฟิสิกส์ที่จะได้นำประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนไปปรับปรุงพัฒนา และออกแบบกลยุทธ์การสอนที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจกฎข้อที่ 3 ของนิวตันได้ดียิ่งขึ้น และสามารถต่อยอดองค์ความรู้ในการเรียนในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างนวัตกรในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ในการสร้างแบบทดสอบ เรื่อง กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน อาจจะสร้างให้มีสถานการณ์ที่หลากหลายมากขึ้น ไม่จำเป็นต้องเป็นสถานการณ์รถชนกันเท่านั้น เพื่อที่จะให้นักเรียนเข้าใจเรื่องกฎข้อที่ 3 ของนิวตันในสถานการณ์อื่นๆ มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ทิศนา แขมมณี. (2545). *เทคนิควิธีการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการคิด*. ใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (บ.ก.), นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้สำหรับครูยุคปฏิรูปการศึกษา 2 (น. 44-69). กรุงเทพฯ: คณะครุ ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิตชัย ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เฮ้า ออฟ เคอร์มิสท์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ เล่ม 1.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ สมบูรณ์. (2562). การวิเคราะห์ความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 42(3), 45-60.

สุภัทรา วงศ์เลิศอารักษ์, เกรียงไกร วันทอง, และแสงกฤช กลิ่นบุตร. (2564). การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,* 5(3).

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives.* Longman.

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

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics,* 53(11), 1056–1065. https://doi.org/10.1119/1.14031.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher,* 30(3), 141–158. https://doi.org/10.1119/1.2343497.

Lederman, N. G. (2007). *Nature of science: Past, present, and future.* In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 831–879). Routledge.

McComas, W. F. (2014). *The language of science education: An expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning.* Sense Publishers.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education,* 86(4), 548–571. https://doi.org/10.1002/sce.10032.