



การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่โปรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน

Development of Upper Secondary Students Learning Achievement
by Using The Learning Activity Packages: Projectile Motion for Spinning
and Non-spinning Objects

มยุรี จักรสิทธิ์^{1*} เกริก ศักดิ์สุภาพ¹ สุนันทา มั่นสมงคล¹ และ พงษ์แก้ว อุดมสมุทรทรัพย์¹

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

*E-mail: jk.mayuree@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน 2) ทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเป็นไปตามเกณฑ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 70/70 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 34 คน และกลุ่มควบคุม 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน และ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.20/72.00 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

คำสำคัญ: โปรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

Received: March 11, 2020

Revised: April 02, 2020

Accepted: May 12, 2020

Abstract

The purposes of this research are: 1) to construct the learning activity packages on projectile motion for spinning and non-spinning objects; 2) to study the efficiency of learning activity packages and; 3) to study the learning achievement of sample group toward the learning activity packages. The sample group of this study was 10th grade students in Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary) Bangkok samples by using the purposive sampling of 80 students. In addition, it consists of the experimental group of 34 students and the control group of 46 students. The research instruments are 1) a learning activity packages of projectile motion for spinning and non-spinning objects and; 2) a learning achievement test. The statistical analysis employed mean, standard deviation, and a t-test. The research findings are as follows: 1) The efficiency of the learning activity packages was effective (E_1/E_2) at 86.20/72.00; 2) The learning achievement scores of the experimental group, after learning with the learning activity packages was higher than those before and higher than the control group at a .05 level of statistical significance.

Keywords: Projectile motion for spinning and non-spinning objects, learning achievement, learning activity packages

1. บทนำ

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์และพบได้ในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างเช่น น้ำที่พุ่งออกมาจากลานน้ำพุหรือจากสายยางฉีดรดน้ำต้นไม้ การปัดของตลกจากขอบโต๊ะหรือแม่กระทรงคอกไม้ไฟ ล้วนเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทั้งสิ้น นอกจากนี้กีฬาประเภทลูกบอลต่าง ๆ เช่น บาสเกตบอล เทนนิส หรือกีฬาอิงธนู [1] แต่เมื่อพิจารณาผลของแรงต้านอากาศและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระนาบ 2 มิติ แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับแตกต่างไปจากเดิม ตัวอย่างเช่น การยิงลูกฟุตบอลจากที่ไกล ๆ การตีโฮมรันของกีฬาเบสบอล การยิงลูกโทษของนักฟุตบอลที่ลูกบอลสามารถเลี้ยวโค้งผ่านผู้รักษาประตูแล้วเข้าประตูไปได้เพราะ

เหตุใดลูกบอลจึงมีแนวทางการเคลื่อนที่เช่นนั้น เป็นคำถามที่ชวนสงสัยให้กับผู้ชมเหตุการณ์นี้

เมื่อพิจารณาผลของแรงต้านอากาศของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ระนาบ 2 มิติ พบว่าสมการการเคลื่อนที่ที่จะเพิ่มความสัมพันธ์ของแรงต้านอากาศกับความเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นรูปทรงและการหมุนรอบตัวเองของวัตถุล้วนมีผลต่อการเคลื่อนที่ทั้งสิ้น [2] ตัวอย่างข้างต้นสามารถอธิบายได้ด้วยวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ปรากฏการณ์แมกนัส (Magnus effect) [3] ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ เมื่อพิจารณาแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ โดยผลของแรงต้านอากาศมีค่ามากพอ พบว่า แรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ ได้แก่ แรงโน้มถ่วง (Weight) แรงต้านอากาศ

(Air resistance) และแรงแม็กนัส (Magnus force) เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ได้มีเพียงแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดเปลี่ยนไป ส่งผลให้แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุแตกต่างไปจากแนวการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้งทั่วไป [4] ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศพบว่า ทั้งการหมุนรอบตัวเองของวัตถุและรูปทรงของวัตถุมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสิ้น จากการศึกษาของนาธาน [5] พบว่าลักษณะการหมุนของวัตถุแบบแบ็กสปิน (back spin) และท็อปสปิน (top spin) ของวัตถุทรงกลมมีผลต่อแรงแม็กนัสที่ต่างกัน โดยวัตถุที่หมุนแบบแบ็กสปินขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ ผลของการหมุนทำให้วัตถุมีแรงแม็กนัสในทิศขึ้น นอกจากแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปแล้วยังพบว่า วัตถุสามารถเคลื่อนที่ในอากาศได้นานขึ้น และจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการหมุนของวัตถุขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศพบว่า การหมุนทั้งสองแบบส่งผลต่อแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ต่างกัน จากการศึกษาของครอส [6] วัดแรงทางอากาศพลศาสตร์ของวัตถุหมุน ได้แก่ แรงลอยตัว แรงต้านอากาศ และแรงแม็กนัส จากการใช้ลูกโป่งเป่าลมทรงกลมที่ทำให้หมุนแบบแบ็กสปินแล้วปล่อยให้ตกในแนวดิ่ง ผลการศึกษาพบว่า ลูกโป่งเป่าลมตกลงในแนวดิ่งโดยมีการกระจัดในแนวราบไกลกว่าเดิมซึ่งเป็นผลมาจากการหมุนแบบแบ็กสปิน และจากการศึกษาของทิมโควา [7] พบว่าผลของการหมุนแบบท็อปสปินของลูกโป่งทรงกลมเบาที่ปล่อยให้ตกในแนวดิ่งมีแนวการเคลื่อนที่

โค้งเข้าสู่ตำแหน่งที่ปล่อยส่งผลให้วัตถุมีการกระจัดในแนวราบสั้นลง จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่างานวิจัยในต่างประเทศได้มีการใช้ผลของการหมุนของวัตถุขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศไปประยุกต์ใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการศึกษาของวสิน คล้ายบรรเลง [8] เกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องความเร็วของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งร้อยละ 43 ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับของสถานการณ์การปล่อยลูกกระบิดตกจากเครื่องบินได้ สอดคล้องกับการศึกษาของอนุชา เป็นจันทร์ [9] ที่พบว่าร้อยละ 57 ของผู้เรียนไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นอกจากนี้จากการศึกษาของพงศ์พีระ จตุพร และประสาท เนืองเฉลิม [10] พบว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ยังมีวัสดุและอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติการทางฟิสิกส์ จากการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ควรได้รับการแก้ไข

เมื่อพิจารณาการเรียนการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง โดยเนื้อหาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในบทเรียนนั้น ไม่พิจารณาผลของแรงต้านอากาศและวัตถุไม่เกิดการหมุน จากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ งานพบว่า แรงทางอากาศพลศาสตร์ รูปทรงของวัตถุและการหมุนรอบตัวเองของวัตถุขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ

ล้วนมีผลต่อแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผู้วิจัยได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองกรณี ทั้งเกิดการหมุนและไม่เกิดการหมุน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ได้แก่ การศึกษาวัตถุสองชิ้นที่ปล่อยให้เคลื่อนที่ต่างกัน โดยวัตถุชิ้นแรกปล่อยให้ตกอย่างเสรีในแนวตั้ง ส่วนอีกอันทำให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับ [11] เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุน ซึ่งทำการทดลองร่วมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Tracker ที่เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบ 2 มิติ [12] ผู้วิจัยทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนของวัตถุทรงกระบอกซึ่งสร้างจากแก้วกระดาษสองใบแล้วทำให้หมุนแบบเบี่ยงสปีนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ [13] และจากการศึกษาของงานวิจัยรูปแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพระดับมัธยมศึกษาพบว่า การเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะแสวงหาความรู้ สามารถคิดวิเคราะห์และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น [14] ผู้วิจัยสนใจออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พร้อมทั้งประยุกต์ใช้สมาร์โฟนของผู้เรียนร่วมกับการใช้โปรแกรม Tracker ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่

หมุนและไม่หมุน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 70/70 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมนี้

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 80 คน ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 34 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 46 คน

2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.4.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย เอกสารประกอบชุดกิจกรรม แผนการจัดการเรียนรู้และแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งผู้วิจัยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์การเรียนรู้พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.6 ในทุกหัวข้อการประเมิน ทำการปรับปรุงแล้วนำมาทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริงซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยทำการทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 5 คน ให้อ่านเนื้อหาของเอกสารประกอบชุดกิจกรรม เพื่อปรับปรุงเนื้อหาและภาษาที่ใช้ จากนั้นทำการทดลองกับนักเรียน จำนวน 15 คน ให้ปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อปรับปรุงชุดกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับเวลาเรียนฟิสิกส์ และทำการทดลองกับนักเรียน จำนวน 45 คน ซึ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 6-7 คน เพื่อทดลองใช้ชุดกิจกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ก่อนการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 33 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 – 1.00 ทำการปรับปรุงข้อสอบแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 148 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่มีค่า

ตั้งแต่ 0.2 จากนั้นเลือกข้อที่เป็นไปตามเกณฑ์จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นตามแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 [15]

2.5 การออกแบบและสร้างชุดกิจกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาสมบัติของวัตถุหมุนและไม่หมุนเพื่อสร้างชุดกิจกรรมดังนี้

กรณีวัตถุไม่หมุน

2.5.1 ทำการศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของเหรียญสองอันที่เหรียญแรกปล่อยให้ตกอย่างเสรี ส่วนอีกเหรียญปล่อยให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับ โดยเหรียญทั้งสองเคลื่อนที่พร้อมกัน ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของเหรียญด้วยสมาร์ตโฟน ความถี่ 240 เฟรมต่อวินาที เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยโปรแกรม Tracker เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแนวการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง โดยเหรียญที่ตกเสรีมีแนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวดิ่ง และเหรียญที่ปล่อยให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับมีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากนั้นผู้วิจัยทำการออกแบบกิจกรรมที่ 1 การศึกษาแนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในกิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก

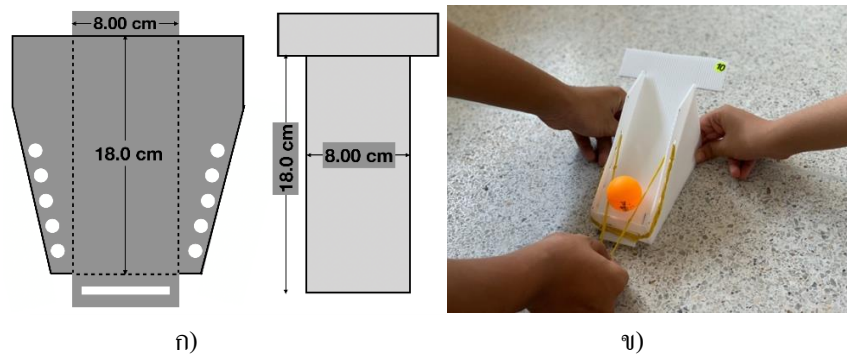
2.5.2 ทำการออกแบบและสร้างฐานยิงวัตถุจากพลาสติกลูกฟูกสำหรับใช้เป็นฐานยิงวัตถุทรงกลมที่สามารถปรับค่ามุมที่ค่าต่าง ๆ ได้ ดังรูปที่ 1 ก

2.5.3 ทำการเจาะรูด้านข้างเพื่อใช้ในการร้อยยางพลาสติกที่ทำหน้าที่ยิงวัตถุและทำการประกอบฐานปืนใหญ่ดังรูปที่ 1 ข

2.5.4 ทำการทดลองใช้ฐานยิงวัตถุออกไปในอากาศด้วยมุมค่าต่าง ๆ โดยใช้ลูกปิงปองขนาดเล็กผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการกระจัดในแนวราบและมุมในการยิง แล้วนำผลของ

การศึกษาไปสร้างเป็นสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 2 การนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปประยุกต์ใช้

2.5.5 ทำการสร้างฐานยิงวัตถุทรงกลมที่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาทดลองในกิจกรรมปืนใหญ่อยุธยา

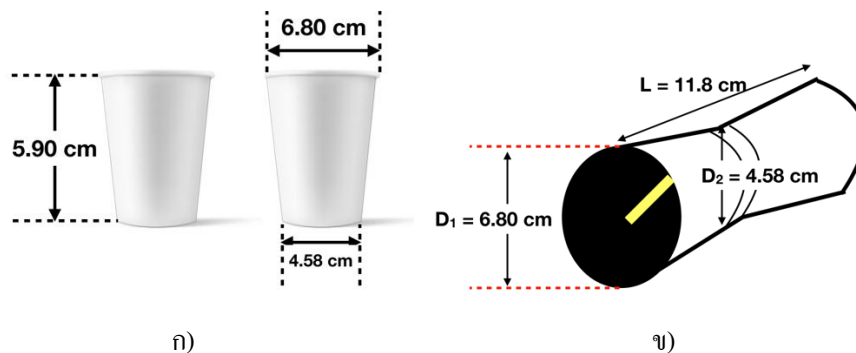


รูปที่ 1 องค์ประกอบของฐานยิงวัตถุทรงกลมและฐานรองรับระดับมุมที่ค่าต่าง ๆ
ก) และฐานปืนใหญ่ที่ประกอบอย่างสมบูรณ์ ข)

กรณีวัตถุหมุน

2.5.6 สร้างวัตถุหมุนทรงกระบอกจากแก้วกระดาษ 2 ใบ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณปากแก้ว (D_1) เท่ากับ 6.80 เซนติเมตร และความยาว

เส้นผ่านศูนย์กลางศูนย์กลางบริเวณก้นแก้ว (D_2) เท่ากับ 4.58 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 ก มาประกอบติดกัน มวลสุทธิ 5.30 กรัม และความยาวสุทธิ 11.8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 ข



รูปที่ 2 องค์ประกอบของแก้วกระดาษ ก) และวัตถุหมุนทรงกระบอก ข)

2.5.7 ทดลองยิงแก้วกระดาษทรงกระบอกด้วยยางพลาสติกซึ่งจับปลายข้างหนึ่งไว้ที่กลางแก้ว แล้วพันรอบแก้วจำนวน 2 รอบ ยึดปลายด้านอิสระอีกด้านหนึ่งออกไปด้านหน้า พลิกให้แก้วอยู่ใน

ลักษณะที่หมุนแบบเบ๊กสปินออกไปในอากาศที่มุม 0 องศาับแนวระดับ

2.5.8 ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวขณะทำการทดลองด้วยสมาร์ทโฟน โหมดถ่ายภาพช้าที่

ความถี่ 240 เฟรมต่อวินาที แล้วนำไปเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Tracker

2.5.9 ทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนมุมค่าต่าง ๆ แล้วนำผลการศึกษามาออกแบบเป็นกิจกรรมที่ 3 การศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศในกิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ

หมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศในกิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ

2.6 ขั้นตอนดำเนินวิจัย

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกระบวนการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 12 คาบ คาบละ 45 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กำหนดหัวข้อการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมและเวลาที่ใช้

เนื้อหา	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (12 คาบ)
	ทดสอบก่อนเรียน	1
	เรียนรู้โปรแกรม Tracker	1
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุน	กิจกรรมที่ 1 คัดออกไปให้ไกล	3
	หาคะแนน	3
	กิจกรรมที่ 2 ปั่นในหญ่อยู่ชยา	3
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุน	กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ	3
	ทดสอบหลังเรียน	1

วิธีการดำเนินการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีดังนี้

2.6.1 ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที เมื่อทำแบบทดสอบเสร็จแล้วทำการแบ่งกลุ่มตามจำนวนของผู้เรียนซึ่งแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 5 คน จากนั้นแนะนำแนวทางการทำงานกลุ่มให้ผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำกิจกรรมกลุ่ม

2.6.2 ผู้เรียนทำการเรียนรู้โปรแกรม Tracker เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน จำนวน 1 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง

2.6.3 ทดลองใช้ชุดกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรม โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ สัปดาห์ละ 4 คาบ รวมเป็นเวลา 3 สัปดาห์ จำนวน 12 คาบ

2.6.4 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที

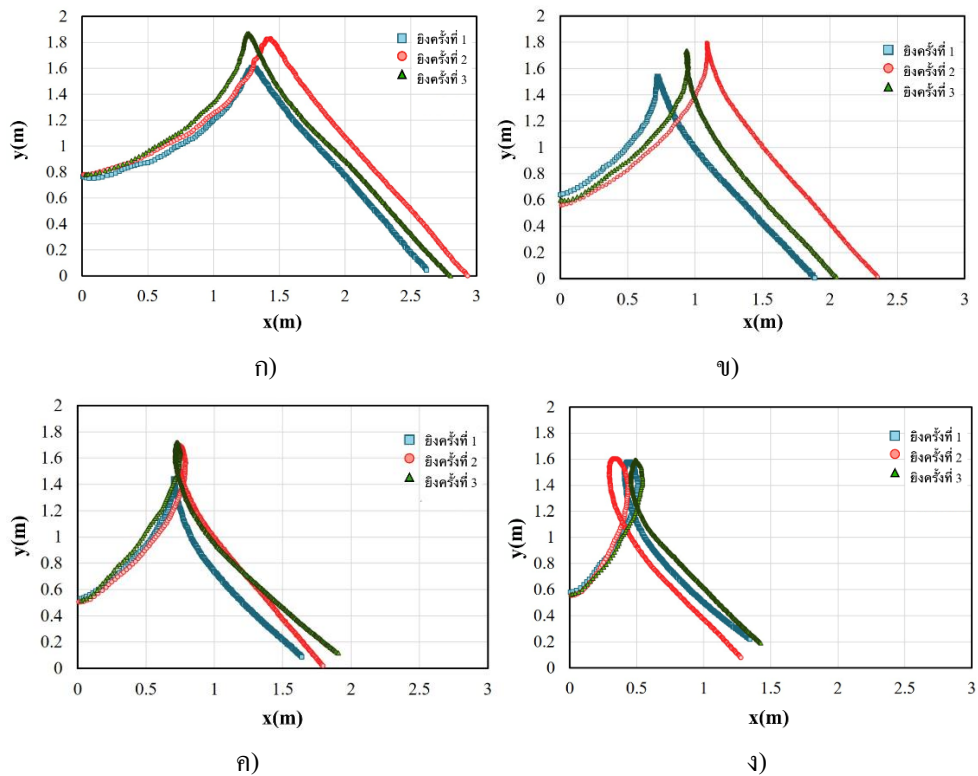
3. ผลการวิจัย

3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุน

3.1.1 ผู้วิจัยทำการทดลองยิงแก้วกระดาษทรงกระบอกออกไปในแนวระดับ เพื่อศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ

โดยยิงทำมุม 0 องศา กับแนวระดับบนที่กีฬา
เคลื่อนไหวแล้วนำไปวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วย
โปรแกรม Tracker ผลการทดลองดังรูปที่ 3 ก

3.1.2 ทำการทดลองเปลี่ยนมุมยิงที่ค่าต่าง ๆ
กับแนวระดับเป็น 15 องศา 30 องศา และ 60 องศา
ผลการทดลองดังรูปที่ 3 ข ค และ ง ตามลำดับ



รูปที่ 3 แนวการเคลื่อนที่ของแก้วกระดาดทรงกระบอกที่ยิงทำมุมกับแนวระดับที่ 0 องศา
ก) 15 องศา ข) 30 องศา ค) และ 60 องศา ง) ที่ทำการทดลองซ้ำมุมละ 3 ครั้ง

จากรูปที่ 3 ก พบว่าวัตถุหมุนทรงกระบอก
มีแนวการเคลื่อนที่แบ่งได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก
วัตถุเกิดความเร่งเนื่องจากแรงดึงของหนังยางที่ใช้
ยิง ช่วงที่สองวัตถุเคลื่อนที่ไปยังจุดสูงสุดด้วยความ
เร่งลดลงและช่วงสุดท้ายวัตถุเคลื่อนที่ในแนว
ลงที่

เมื่อทำการเปลี่ยนมุมในการยิงเป็น 15
องศา กับแนวระดับดังรูปที่ 3 ข พบว่าแนวการ
เคลื่อนที่มีลักษณะเป็นยอดแหลมคล้ายหนาม
เรียกว่า วิธีการเคลื่อนที่รูปหนาม (Spike trajectory)

แต่เนื่องจากการยิงทำมุม 15 องศา กับแนวระดับนั้น
ค่อนข้างทำได้ยาก จากการทดลองซ้ำหลายครั้ง
พบว่ายอดแหลมในการทดลองแต่ละครั้งอยู่คนละ
ตำแหน่ง และเมื่อทำการเปลี่ยนมุมเป็น 30 และ 60
องศา พบว่าการเคลื่อนที่ในช่วงที่สองมีลักษณะ
วกกลับคล้ายโบว์ เรียกว่า วิธีการเคลื่อนที่รูปโบว์
(Bow trajectory) ดังรูปที่ 3 ค และ ง ตามลำดับ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแก้ว
กระดาดทรงกระบอกที่มีความยาวสุทธิเท่ากันแต่มี
มวลต่างกัน ผลการทดลองพบว่า วัตถุจะลอยขึ้นสู่

อากาศยานกระทั่งถึงจุดสูงสุดก่อนจะตกลงสู่พื้น ซึ่งแนวการเคลื่อนที่จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ และทำการเพิ่มขนาดของแก้วที่มีความยาวต่างกันผลการทดลองพบว่า จะต้องใช้ระยะทางในแนวระดับมากกว่า 5 เมตร จึงจะสามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ผู้วิจัยจึงเลือกขนาดของแก้วกระดาษดังรูปที่ 2 มาออกแบบเป็นวัตถุรูปร่างคล้ายทรงกระบอกมาออกแบบเป็นวัตถุหมุนในกิจกรรมที่ 3 เพื่อให้ นักเรียนได้ศึกษาทดลองแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ

3.2 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

3.2.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้จากการวิเคราะห์ผลค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการและหลังปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

ตารางที่ 2 สรุปคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการของชุดกิจกรรม

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละ (%)
กิจกรรมที่ 1 คัดออกไปให้ไกลที่สุดโลก	49	44.41	90.63
กิจกรรมที่ 2 ปั่นใหญ่อยู่ชุธยา	50	38.74	77.48
กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ	22	19.91	90.50
	121	103.06	86.20

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละ (%)
คะแนนระหว่างปฏิบัติการ (E_1)	121	103.06	86.20
คะแนนหลังปฏิบัติการ (E_2)	30	21.60	72.00
ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)	-	-	86.20/72.00

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองและทำแบบฝึกหัดท้ายบทได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

โดยการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมไม่น้อยกว่า 70/70 พิจารณาจากเนื้อหาที่เป็นจิตพิสัย จะต้องใช้เวลาในการฝึกฝนและพัฒนา ผู้วิจัยจึงตั้งเกณฑ์ไว้ที่ระดับไม่ต่ำกว่า 70/70 [16]

3.2.2 หาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนระหว่างปฏิบัติการ (E_1) จากการตอบคำถามในเอกสารประกอบชุดกิจกรรมและแบบฝึกหัดท้ายบท (121 คะแนน) และค่าเฉลี่ยคะแนนหลังปฏิบัติการจากแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 25 ข้อ (30 คะแนน) ดังตารางที่ 2 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ 86.20/72.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.1 ทำการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่ม

ควบคุมโดยการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) [17] พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	34	8.08	3.64	1.86	0.07
กลุ่มควบคุม	46	3.19	3.19		

3.3.2 ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองด้วยการทดสอบค่าทีที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) ในตารางที่ 5 พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.07 คะแนน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.38

คะแนนเฉลี่ยหลังปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.4 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.47 เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองพบว่า มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังปฏิบัติการสูงกว่าก่อนปฏิบัติการ ($p < .05$) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตารางที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง

	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนทดลอง	34	20	8.07	3.38	8.64	0.00
หลังทดลอง	34	20	12.40	2.47		

3.3.3 ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าทีที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for independent samples) ดังตารางที่ 6 พบว่า

มีค่า 2.66 ซึ่งคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) อย่างมีนัยสำคัญ .05

ตารางที่ 6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	34	12.40	2.48	2.66	0.00
กลุ่มควบคุม	46	10.30	4.69		

4. อภิปรายผลการวิจัย

4.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่ามีประสิทธิภาพของคะแนนระหว่างปฏิบัติการ (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังปฏิบัติการ (E_2) เท่ากับ 86.20/72.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในเรื่องเนื้อหาสาระการเรียนรู้และกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และยังมีความเหมาะสมด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระและสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อคะแนนระหว่างปฏิบัติการและหลังปฏิบัติการเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน กุเจริญไพศาล [18] การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่ามีค่าประสิทธิภาพของคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียน (E_2) เท่ากับ 80.81/80.66 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดและสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรศักดิ์ ละลอกน้ำ [19] ที่ศึกษาชุดกิจกรรมเรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในท้องถิ่นที่ผ่านการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี เมื่อนำไปทดลองใช้กับ

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างพบว่ามีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 74.37/71/32 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ผนวกกับการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นใช้โปรแกรม Tracker ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งกรณีเกิดการหมุนและไม่เกิดการหมุน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาอันเนื่องมาจากการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ฝึกการสังเกตและตั้งคำถามนำไปสู่การหาคำตอบแบบนักวิทยาศาสตร์ จากกิจกรรมคิดออกไปให้ไกลหลุดโลกและกิจกรรมป็นใหญ่อยุธยา ซึ่งจัดอยู่ในการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุนนำไปสู่กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ ซึ่งจัดอยู่ในการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุนซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้โดยเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่ได้เรียนรู้เดิม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนพบเห็นได้ อีกทั้งยังจัดให้มีการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของกวิน นวลแก้ว [20] ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของคนโดยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้หลังจากการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายเหตุผลที่มีความถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์อันเนื่องมาจากแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของอัฐวุฒิ คำแสน [21] ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพดินและการเปลี่ยนแปลงดิน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ อีกทั้งชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้เกิดความสนใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน คุุเจริญไพศาลและคณะ [22] ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเรื่องสารละลายกรด – เบส พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอันเนื่องมาจากชุดกิจกรรมมีกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งกิจกรรมการเล่นเกมทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่แฝงอยู่ในเกมช่วยสร้างความเข้าใจในเนื้อหาที่แฝงอยู่ในเกมทำให้เกิดความสนใจจนสามารถจำแนกสารละลายได้นอกจากนี้กิจกรรมกลุ่มทำให้ผู้เรียนได้ระดมความคิด เกิดทักษะการทดลองส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้เรียนที่ได้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุนและไม่หมุนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวลิต เลหาอุดมพันธ์. ฟิสิกส์ขงมหานหนังสือฟิสิกส์สำหรับเด็ก. ปลาย เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 12. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2558.
- [2] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. พิมพ์ครั้งที่ 9. สกสค., ลาดพร้าว. 2559.
- [3] Brigg, J.L. Effect of spin and speed on the lateral deflection (Curve) of a baseball; and the Magnus effect for smooth spheres. *American Journal Physics*. 1959. (27): 589-596.
- [4] Wesson John. *The science of golf*. New York, Oxford University Press. 2009.
- [5] Nathan. M.A. The effect of spin on the flight of a baseball. *American Journal Physics*. 2007. 76(2) : 119-124.
- [6] Cross R. Aerodynamics of a party balloon. *The Physics Teacher*. 2007. 45(6) : 334-336.

- [7] Timkova V. and Jeskova Z. How magnus bends the flying ball - experimenting and modeling. *The Physics Teacher*. 2017. 55(112) : 112-114.
- [8] วศิน กล้ายบรรเลง ชาตรี ฝ้ายคำ และ อภิชาติ พัฒนา โภควัฒนา. การศึกษาแนวทางการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *การประชุมระดับชาติมหาวิทยาลัยรังสิตประจำปี 2559, 29 เมษายน*. กรุงเทพฯ ประเทศไทย. 2559 ; 1331 -1339.
- [9] อนุชา แป้นจันทร์, ธิดิยา บงกชเพชร และ ฑิรานิ ขำล้าเลิศ. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีบริบทเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพื่อพัฒนาความเข้าใจในทศน์และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. *การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9, . นครปฐม ประเทศไทย*. 2559 ; 1517 -1524.
- [10] จตุพร พงศ์พีระ และ ประสาท เนืองเฉลิม. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารราชพฤกษ์*. 2560. 15(3) : 24 - 35.
- [11] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์*. สกสศ., ลาดพร้าว. กรุงเทพฯ. 2560.
- [12] ถาวร เรืองบุญ และ สุระ วุฒิพรหม. การออกแบบชุดยิงโพรเจกไทล์ด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*. 2559. 7(1) : 191-203.
- [13] Cross R. Measuring the effect of lift and drag on projectile motion. *The Physics Teacher*. 2012. 50(80) : 80 -82.
- [14] คณากรณ รัศมีมารีย์. การพัฒนาชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทร-วิโรฒ ปทุมวัน. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. 2559. 8(16) : 125 -135.
- [15] ประสาท เนืองเฉลิม. *วิจัยการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 2556.
- [16] ชัยยงค์ พรหมวงศ์. *ระบบสื่อการสอน*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 2520.
- [17] อนุวัติ คุณแก้ว. *สถิติเพื่อการวิจัย*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 2560.
- [18] น้ำฝน คูเจริญไพศาล สุรเชษฐ์ หิรัญสถิต ณฑาทภา สบเหมาะ และ วรณดล ห้วยกัญจน์. การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 2556. 5(10) : 1 – 19.

- [19] สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ และ สุภาภรณ์ สิริโสภา. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในท้องถิ่น ด้วยชุดกิจกรรมตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 2554. 2(2) : 11 - 21.
- [20] กวิน นวลแก้ว และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาส. การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของขน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ ประเทศไทย. 2561 ; 1-15. 2561
- [21] อัฐุฒิ คำแสน และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการใช้ชุดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพดินและการเปลี่ยนแปลงของดินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 2554. 2(1) : 11 - 21.
- [22] น้ำฝน คูเจริญไพศาล กนกวรรณ ผิวเหมาะ บุญพร โนนเปื้อย และ ประยูร เหลืองแดง. การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายกรด – เบส โดยเน้นกระบวนการคิด สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารศรีนครินทร์-วิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 2559. 8(16) : 16–29.