

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทร็กเกอร์วิดีโอเพื่อส่งเสริมการ
เปลี่ยนแปลงมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
THE STUDY OF LEARNING OUTCOME USING INTERACTIVE APPROACH THROUGH
TRACKER VIDEO ANALYSIS TO PROMOTE CONCEPTUAL
CHANGE IN KINEMATIC GRAPH CONCEPTS FOR GRADE 10 STUDENTS

กิตติยา ประวัง¹ และ กริธา แก้วคง²
Kittiya Prawang¹ and Kreetha Kaewkhong²

¹ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่

Teacher, High - School Science Department, The Prince Royal's College, Chiang Mai

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Assistant Professor, Dr., Division of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,

Chiang Mai University

Received: 12 March, 2019 Revised: December 13, 2019 Accepted: March 12, 2020 Published Online: March 28, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้วิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทร็กเกอร์วิดีโอที่มีต่อมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์วิดีโอแทร็กเกอร์ จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ในการสอนเนื้อหาใช้เวลาสอน 18 คาบ และ 6 สัปดาห์ 2) แบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ ($KR-20 = 0.86$) ผลการวิจัยพบว่า Class Average Normalized gain <g> ของนักเรียนมีค่าเท่ากับ 0.52 แสดงว่ามโนคติของนักเรียนเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ที่ดีขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: วิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ แทร็กเกอร์วิดีโอ มโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่

ABSTRACT

The objective of this research is to study the effects of using interactive approach through tracker video analysis on kinematic graph concepts of 46 grade 10 students of The Prince Royal's College, Chiang Mai Province. It was held on the first semester of academic year 2017. The research instruments were 1) 5 pre-designed learning modules based on interactive approach through tracker video analysis. Teaching lasted for of 18 hours / 6 weeks. 2) kinematic graph concepts ($KR-20 = 0.86$) The results revealed that class average normalized gain 0.52 which represent a better understanding in medium gain level.

KEYWORDS: Interactive Approach, Tracker Video, Kinematic Graph Concepts

²Corresponding author : kreetha.ka@cmu.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้ผลจะต้องมุ่งให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และมีโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการต่อยอดการเรียนรู้ในระดับชั้นที่สูงขึ้น สำหรับวิชาฟิสิกส์นั้นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับองค์ความรู้เดิมได้คือการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากองค์ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ส่วนใหญ่ของประเทศไทยในปัจจุบันมีลักษณะการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลางและมุ่งเน้นผลสุดท้าย คือ การจดจำสมการคณิตศาสตร์และการนำไปแก้ปัญหาลงท้าย ซึ่งยังขาดขั้นตอนที่จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนคติทางฟิสิกส์เรื่องนั้น ๆ อย่างลึกซึ้ง การเรียนการสอนฟิสิกส์จึงไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์จำนวนมาก เช่น การศึกษาของ Hançer and Durkan (2008) ที่พบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากสาเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความเข้าใจมโนคติเพื่อเป็นพื้นฐานการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นที่สูงขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยได้รับผิดชอบในการสอนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวกับกลศาสตร์เบื้องต้น จากการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าเป็นหัวข้อที่ยากในการทำทำความเข้าใจ โดยเฉพาะการนำเสนอปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปแบบกราฟการเคลื่อนที่ (Kinematic Graph) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง และเวลา ในลักษณะกราฟเชิงเส้น (Line Graph) ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่ได้เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์ ผ่านมาแล้วในปีการศึกษา 2558 โดยใช้แบบวัด TUG-K (Test of Understanding Graphs in Kinematics) จำนวน 21 ข้อ ซึ่งแปลเป็นภาษาไทยพร้อมทั้งหาความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง (Beichner, 1994) พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ ยกตัวอย่างดังคำถามในภาพที่ 1

ยกตัวอย่างข้อที่ 21

21. จากกราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุ ข้อความใดมีความหมายได้ถูกต้องที่สุด

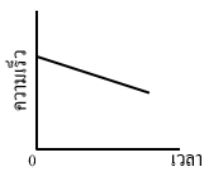
(ก) วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

(ข) วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่ลดลง

(ค) วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่เพิ่มขึ้น

(ง) วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

(จ) วัตถุไม่เคลื่อนที่



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อสอบข้อที่ 21 ที่ผู้เรียนร้อยละ 90 เลือกข้อ ข

จากภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อคำถามข้อที่ 21 ที่ใช้วัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟความเร็วกับเวลา โดยให้นักเรียนตีความหมายกราฟว่าความเร็วและเวลา มีความสัมพันธ์กันอย่างไร จากการทดลองสำรวจมโนคติของนักเรียนที่ได้เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์ ผ่านมาแล้วในปีการศึกษา 2558 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าเส้นกราฟความเร็วที่ลดลงหมายถึงความเร่งที่ลดลงไปด้วย ซึ่งแท้จริงแล้วนักเรียนต้อง

พิจารณาที่ความชันของกราฟเส้นตรง นักเรียนใช้กราฟแทนภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยไม่คำนึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแนวแกน x และ y ทำให้เกิดความสับสนในการตีความหมายกราฟในลักษณะต่าง ๆ เช่น ความเร่งของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วของวัตถุ นอกจากนั้นยังพบว่านักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่า เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เหมือนกันเคลื่อนที่ จะมีการพาดำแหน่งกับเวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลามีลักษณะอย่างไร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Beichner (1994) ซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนในวิชาฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการตีความกราฟการเคลื่อนที่ เช่น กราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา และกราฟความเร่งกับเวลา นักเรียนมักเข้าใจผิดอยู่บ่อยครั้งว่า กราฟเป็นรูปแบบการจำลองการเคลื่อนที่ นอกจากนี้นักเรียนมีความเข้าใจว่ากราฟสามารถแสดงความหมายการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ทันทีโดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรในแนวแกน x และ y ซึ่งมีโน้ตเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ในระดับที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการวิจัยเพื่อพัฒนานโน้ตเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนให้ดีขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Bektasli (2006) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดมโนคติที่ถูกต้อง นอกจากนี้ในการจัดการเรียนการสอนต้องระบุเป้าหมายของมโนคติที่ต้องการให้เกิดขึ้นอย่างชัดเจน และกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้โอกาสผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงทั้งทางตรงและทางอ้อม เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำและค้นพบความรู้ด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ตามรูปแบบการสร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Watts & Pope, 1989) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและใช้กระบวนการคิด (Bonwell & Eison, 1991) ในการสอนฟิสิกส์ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ Active learning มีหลากหลาย จากการทบทวนงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษา ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานโน้ตผู้เรียนพบว่ามีการสอนและกลยุทธ์ที่หลากหลายรูปแบบที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ เช่น การสอนที่มีปฏิสัมพันธ์กันในเชิงผู้ร่วมทำวิจัย จะทำให้ครูได้ประโยชน์จากการทำวิจัยได้มากขึ้น (Taber, 2000) หรือการจัดรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Learning) โดยใช้สื่อการสอนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจมากขึ้น และตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียนที่หลากหลาย (Hassan & Hamada, 2016) การสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยใช้ชุดการเรียนรู้ผ่านการเรียนรู้ออนไลน์สามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ทุกที่ ตลอดเวลาที่ยากเรียน และมีผลคะแนนที่แสดงถึงพัฒนาการ (Gain scores) ของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ดีขึ้น (Miller, et al., 2006) การสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนของนักศึกษาในกลุ่มใหญ่ (Interactive Learning Strategies: ILS) เป็นกลยุทธ์เชิงปฏิสัมพันธ์ในการบรรยายโดยใช้คำถามในการระดมความคิดและให้คำแนะนำแบบ Peer Instruction พบว่าผลการทดสอบแบบวัดความเข้าใจของนักศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (Rudolph, et al., 2014) การจัดสภาพแวดล้อมที่มีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยปฏิสัมพันธ์ผ่านกระดานอัจฉริยะ (Smart Board) ผ่านการใช้ซอฟต์แวร์ ALgodoo ที่ใช้สำรวจการเคลื่อนที่ตามแนววงโคจรของเทหวัตถุ สามารถดึงดูดความสนใจผู้เรียนสามารถพัฒนานโน้ตผู้เรียนได้ (Gregorcic & Bodin, 2017) การสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILD) โดยใช้เซนเซอร์การเคลื่อนที่ของวัตถุมาวิเคราะห์กราฟ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจต่อเนื้อหาฟิสิกส์ดีกว่าชั้นเรียนที่สอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว และการพัฒนาการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการแสดงผลประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ สามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น (Jairuk, 2007) เป็นต้น

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการทดลองทางกลศาสตร์ มีความสำคัญสำหรับครูฟิสิกส์ในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก การวิเคราะห์วิถีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

สามารถทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องทั้งการเคลื่อนที่ใน 1 และ 2 มิติ นอกจากนี้ยังรวมถึงการชน การหมุน เช่นกัน (Rodrigues, et al., 2013; Sirisathitkul, et al., 2013) และมีความสนใจในการศึกษามโนคติของนักเรียนที่เรียนเรื่องกราฟการเคลื่อนที่ ในวิชาฟิสิกส์ซึ่งใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้การสอนแบบเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอ

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษามโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ (Concepts of Kinematic Graph) หมายถึง ความเข้าใจที่เกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ (Kinematic Graph) อันเกิดจากการสังเกต และการได้รับประสบการณ์การสอนที่หลากหลาย

2. แบบวัดมโนคติเรื่องกราฟการเคลื่อนที่ คือ แบบทดสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของผู้เรียนตามความต้องการของผู้วัด ที่พัฒนาจาก Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) ที่เป็นแบบวัดภาษาอังกฤษโดย Beichner (KR-20 = 0.83) โดยผู้วิจัยแปลเป็นภาษาไทยจำนวน 21 ข้อ และผู้วิจัยแต่งเพิ่มอีก 9 ข้อ รวมเป็น 30 ข้อ

3. วิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอ (Interactive Approach Through Tracker Video Analysis) หมายถึง วิธีสอนเพื่อปรับมโนคติผู้เรียนโดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นโปรแกรมวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอ รุ่น 4.87 (Tracker Video Analysis Version 4.87) มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 8 ขั้น

ขั้นที่ 1) ผู้สอนทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนโดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ เพื่อดึงความรู้เดิมของผู้เรียนออกมาจากการทำนายเบื้องต้น

ขั้นที่ 2) ผู้สอนเปิดวิดีโอสาธิตการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกต วิเคราะห์ และทำนายผลการเคลื่อนที่ตามความเข้าใจเดิมของผู้เรียน เพื่อดึงเอาความรู้ที่มีออกมาใช้ร่วมกับการทำนาย

ขั้นที่ 3) ผู้สอนสอบถามผลการทำนายจากใบงาน เพื่อดึงเอาความรู้ของผู้เรียนจากการให้เหตุผล เพื่อสร้างความขัดแย้ง และเกิดปัญหาที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4) ผู้สอนให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลการทำนายกับเพื่อน ๆ โดยอภิปรายเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิด สร้างความเข้าใจร่วมกัน และปรับเปลี่ยนมโนคติ

ขั้นที่ 5) ผู้สอนให้ผู้เรียนเขียนผลทำนายลงในแบบทำนายผลอีกครั้งเพื่อปรับเปลี่ยนมโนคติของตนเองหลังการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด และสร้างความเข้าใจร่วมกัน

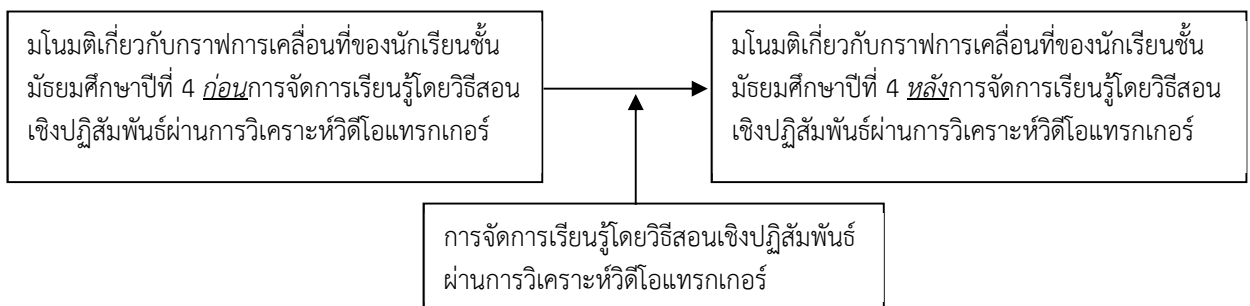
ขั้นที่ 6) ผู้สอนดำเนินการสาธิตการวิเคราะห์วิดีโอจากโปรแกรมแทรกเกอร์ (Tracker Video Analysis) ให้ผู้เรียนและแสดงผลการทดลอง เพื่อปรับเปลี่ยนมโนคติผู้เรียนให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 7) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองสาธิต และร่วมสนทนาวิเคราะห์การเคลื่อนที่ เพื่อยืนยันมโนคติที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 8) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับการทดลองในวิดีโอสาธิต ในลักษณะโจทย์แบบฝึกหัดในใบงาน

4. โปรแกรมวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอ (Tracker Video Analysis) หมายถึงโปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นฟรีแวร์ (Freeware) อาศัยการทำงานควบคู่กับโปรแกรมจาวา ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในการศึกษาด้านฟิสิกส์และประมวลผลการวิเคราะห์เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณทางฟิสิกส์ได้หลายกราฟ ในที่นี้ทำการวิเคราะห์กราฟการเคลื่อนที่ 3 แบบ ได้แก่ กราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา และกราฟความเร่งกับเวลา สามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ Open Source Physics [www.opensourcephysics.org] ภายใต้การสนับสนุนขององค์กรทางการศึกษา อันได้แก่ AAPT (American Association of Physics Teachers), NSF (National Science Foundation) และ NSDL (National Science Digital Library) จากประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนามาแล้ว 20 เวอร์ชัน สำหรับงานวิจัยใช้ Tracker 4.87

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปิ่นสร้อยแยลส์วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ หัวข้อกลศาสตร์เบื้องต้น เรื่องกราฟการเคลื่อนที่ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 46 คน

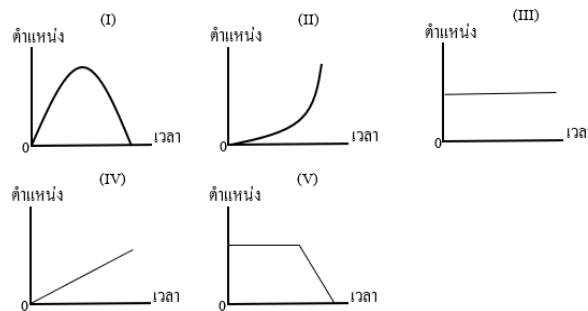
2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีแบบแผนเป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) โดยมีกลุ่มเดียวและมีการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน (One groups pretest-posttest design) โดยมีการเลือกกลุ่มทดลองแบบเจาะจง (purposive selection)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แบบวัดมโนมติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ โดยประยุกต์จากแบบทดสอบ TUG-K (Test of Understanding Graphs in Kinematics) (Beichner, 1994) ผู้วิจัยได้แปลเป็นภาษาไทย ใช้เวลาในการตอบคำถาม 1 ชั่วโมง การวัดมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนใช้แบบวัดมโนติดับเดียวกัน แบบวัดมโนมติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่รับการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ พร้อมทั้งหาความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแบบวัดโดยใช้ค่าทางสถิติ ($KR-20 = 0.86$ และ ค่าเฉลี่ย $p = 0.38$, $r = 0.54$)

1. จากกราฟระหว่างตำแหน่งกับเวลา ให้แกนนทุกกราฟมีสัดส่วนเดียวกัน การเคลื่อนที่ของวัตถุตามกราฟรูปใดที่มีการเคลื่อนที่ได้ระยะทางมากที่สุด และกราฟรูปใดที่มีการเคลื่อนที่ได้การกระจัดมากที่สุด



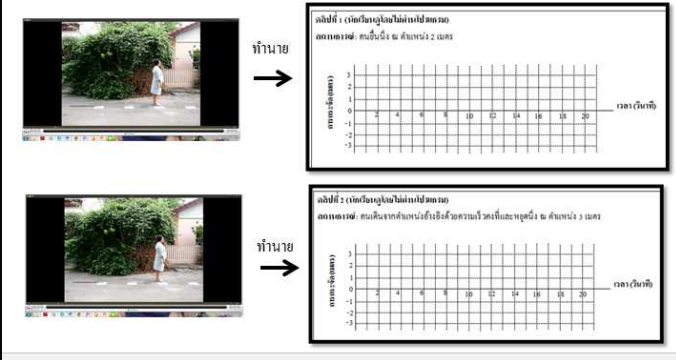
ภาพที่ 2 ตัวอย่างของข้อคำถามในแบบวัดแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ โดยการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์โปรแกรมสำเร็จรูป Tracker Video Analysis มีทั้งหมดจำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง ซึ่งปรับมาจากรูปแบบการสอนแบบบรรยายเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILDs) 8 ขั้นตอน (Sokoloff & Thornton, 1997, 2004) และการใช้กลวิธีการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Calik, Ayas and Col, 2010) โดยแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างลักษณะกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน เรื่องกราฟการเคลื่อนที่

ลำดับขั้น	กิจกรรมการจัดการเรียนการสอน
ขั้นที่ 1	ขั้นทบทวนความรู้เดิมโดยเป็นการสาธิตการผลักรถทดลองให้เคลื่อนที่ไปแนวตรงบนโต๊ะ จากนั้นผู้สอนใช้คำถามสอบถามเป็นการดึงเอาความรู้เดิมของผู้เรียนออกมา
ขั้นที่ 2	ผู้สอนเปิดวิดีโอสาธิตการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกต วิเคราะห์ และทำนายผลการเคลื่อนที่ตามความเข้าใจเดิมของผู้เรียน เพื่อดึงเอาความรู้ที่มีออกมาใช้ร่วมกับการทำนาย

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างลักษณะกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน เรื่องกราฟการเคลื่อนที่ (ต่อ)

ลำดับขั้น	กิจกรรมการจัดการเรียนการสอน						
ขั้นที่ 2	ขั้น 2 ใช้วิดีโอสาธิต 40 นาที 15. ครูอธิบายเพิ่มว่า โปรแกรม Tracker Video Analysis ก็สามารถวิเคราะห์กราฟเหล่านี้ได้เช่นกัน เรา มาทำกิจกรรม 1.2 ในหัวข้อที่ 2 โดยกิจกรรมนี้ครูจะให้นักเรียนดูวิดีโอและทำนายกราฟจากการ เคลื่อนที่ของวัตถุลงในใบงาน (10 นาที) 						
ขั้นที่ 3	ผู้สอนสอบถามผลการทำนายจากใบงาน เพื่อดึงเอาความรู้ของผู้เรียนจากการให้เหตุผล เพื่อสร้างความขัดแย้ง และเกิดปัญหาที่หลากหลาย						
ขั้นที่ 4	ผู้สอนให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลการทำนายกับเพื่อน ๆ โดยอภิปรายเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อ แลกเปลี่ยนแนวคิด สร้างความเข้าใจร่วมกัน และปรับเปลี่ยนมโนคติ						
ขั้นที่ 5	ผู้สอนให้ผู้เรียนเขียนผลทำนายลงในแบบทำนายผลอีกครั้งเพื่อปรับเปลี่ยนมโนคติของ ตนเองหลังจากการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด และสร้างความเข้าใจร่วมกัน						
ขั้นที่ 6	ผู้สอนดำเนินการสาธิตการวิเคราะห์วิดีโอจากโปรแกรมแทร็กเกอร์ (Tracker Video Analysis) ให้ผู้เรียนและแสดงผลการทดลอง เพื่อปรับเปลี่ยนมโนคติผู้เรียนให้ถูกต้อง <table border="1"> <thead> <tr> <th>ภาพวิเคราะห์การเคลื่อนที่จากโปรแกรม</th><th>คำอธิบาย</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>เมื่อเวลาผ่านไปคนอยู่ตำแหน่งเดิม ลักษณะเส้นกราฟที่ ได้จะเป็นเส้นนอนราบ</td></tr> <tr> <td></td><td>เมื่อเวลาผ่านไปคนเคลื่อนที่ได้การกระจัดที่เพิ่มขึ้น อย่างสม่ำเสมอลักษณะกราฟเป็นเส้นตรงเนื่องจากนั้น เมื่อวัตถุหยุดเส้นกราฟก็จะนอนราบ</td></tr> </tbody> </table>	ภาพวิเคราะห์การเคลื่อนที่จากโปรแกรม	คำอธิบาย		เมื่อเวลาผ่านไปคนอยู่ตำแหน่งเดิม ลักษณะเส้นกราฟที่ ได้จะเป็นเส้นนอนราบ		เมื่อเวลาผ่านไปคนเคลื่อนที่ได้การกระจัดที่เพิ่มขึ้น อย่างสม่ำเสมอลักษณะกราฟเป็นเส้นตรงเนื่องจากนั้น เมื่อวัตถุหยุดเส้นกราฟก็จะนอนราบ
ภาพวิเคราะห์การเคลื่อนที่จากโปรแกรม	คำอธิบาย						
	เมื่อเวลาผ่านไปคนอยู่ตำแหน่งเดิม ลักษณะเส้นกราฟที่ ได้จะเป็นเส้นนอนราบ						
	เมื่อเวลาผ่านไปคนเคลื่อนที่ได้การกระจัดที่เพิ่มขึ้น อย่างสม่ำเสมอลักษณะกราฟเป็นเส้นตรงเนื่องจากนั้น เมื่อวัตถุหยุดเส้นกราฟก็จะนอนราบ						
ขั้นที่ 7	ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองสาธิต และร่วมสนทนาวิเคราะห์การ เคลื่อนที่ เพื่อยืนยันมโนคติที่ถูกต้อง						
ขั้นที่ 8	ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับ การทดลองในวิดีโอสาธิต ในลักษณะโจทย์แบบฝึกหัดในใบงาน						

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 นักเรียนกรอกแบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย แล้วทำแบบวัดแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ ก่อนเรียน

4.2 นักเรียนทั้งหมดที่เป็นกลุ่มตัวอย่างนี้จะเรียนรู้มโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ โดยการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์โปรแกรมสำเร็จรูป Tracker Video Analysis จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง

4.3 นักเรียนทำแบบวัดแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ หลังเรียน หลังจากเรียนในหัวข้อเกี่ยวกับกราฟแล้วประมาณ 1 สัปดาห์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษามโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่โดยพิจารณาจากการใช้แบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ ก่อนและหลังเรียน โดยการหาค่า Class Average Normalized Gain <g> ซึ่งเป็นที่นิยมในงานวิจัยสาขาฟิสิกส์ศึกษาดังสมการต่อไปนี้ (Hake, 1998)

$$<g> = \frac{<\%post> - <\%pre>}{100\% - <\%pre>}$$

ซึ่งค่า Class Average Normalized Gain <g> นี้จะสามารถบอกระดับพัฒนาการของความเข้าใจของนักเรียนในแต่ละข้อคำถาม หรือ เฉลี่ย

เมื่อ <g> เป็น ค่า Normalized Gain เฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มหรือห้อง

<%pre> เป็น ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนที่คิดเป็นร้อยละ

<%post> เป็น ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนที่คิดเป็นร้อยละ

โดย Hake (1998) ได้กำหนดการประเมินออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

พัฒนาขึ้น ระดับสูง	(High gain)	ได้ค่า	$<g> \geq 0.7$
พัฒนาขึ้นระดับปานกลาง	(Medium gain)	ได้ค่า	$0.3 \leq <g> < 0.7$
พัฒนาขึ้นระดับต่ำ	(Low gain)	ได้ค่า	$<g> < 0.3$

นอกจากนี้เพื่อให้ทราบถึงมโนคติของนักเรียนมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้แสดงการวิเคราะห์ค่า Normalized Gain ตามกลุ่มของมโนคติ ดังนี้คือ

กลุ่มมโนคติที่ 1 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟตำแหน่งกับเวลา ได้แก่ ข้อคำถาม ข้อที่ 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 และ 10

กลุ่มมโนคติที่ 2 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟความเร็วกับเวลา ได้แก่ ข้อคำถาม ข้อที่ 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19 และ 20

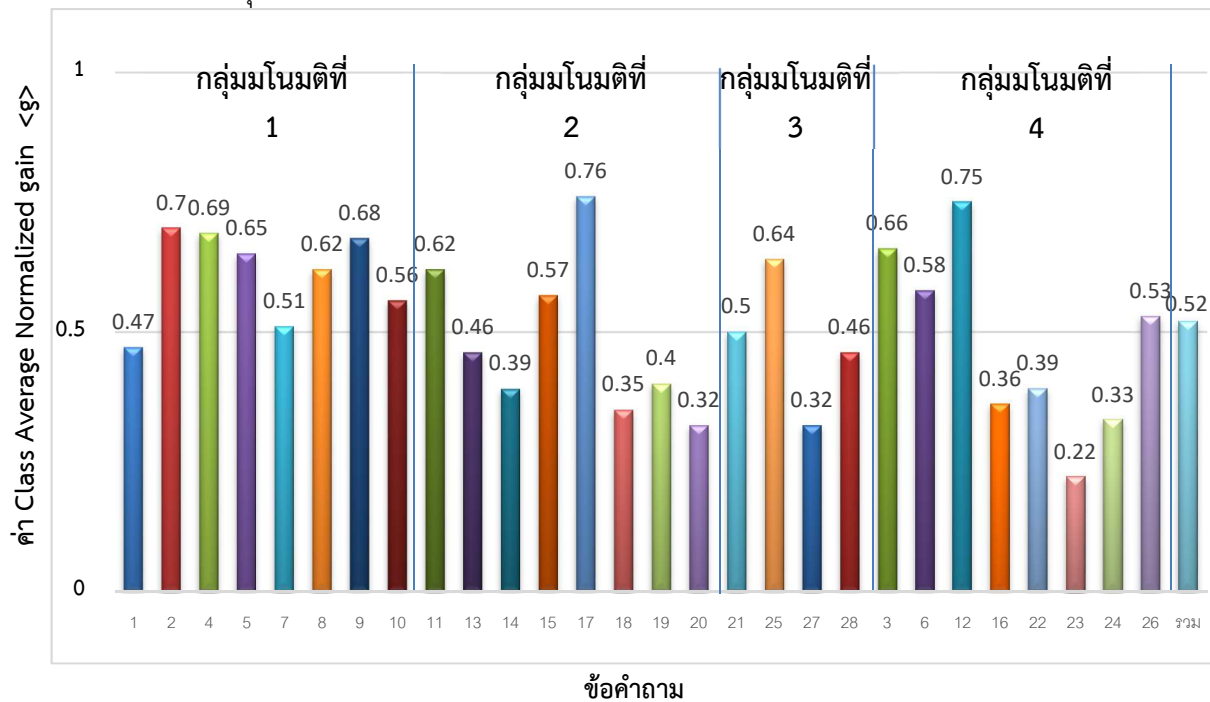
กลุ่มมโนคติที่ 3 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟความเร่งกับเวลา ได้แก่ ข้อคำถาม ข้อที่ 21, 25, 27 และ 28

กลุ่มมโนคติที่ 4 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกราฟต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลาและกราฟความเร่งกับเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟความเร่งกับเวลาและกราฟความเร่งกับเวลา และความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา และกราฟความเร่งกับเวลา ตามลำดับ ได้แก่ข้อคำถาม ข้อที่ 3, 6, 12, 16, 22, 23, 24 และ 26

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ค่า Class Average Normalized gain <g> ของแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ รายข้อ และเฉลี่ยรวมทุกข้อ โดยจัดกลุ่มโดยพิจารณาจากมโนคติของข้อคำถามได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มมโนคติที่ 1 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบทดสอบมโนคติเกี่ยวกับกราฟตำแหน่งกับเวลา



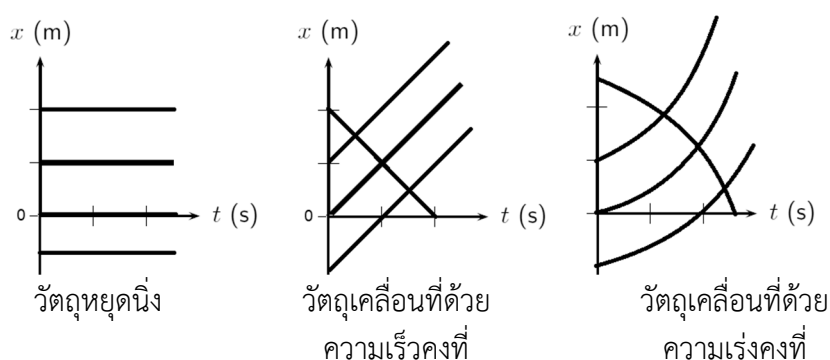
ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงค่า Class Average Normalized gain <g> ของแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ รายข้อ และ เฉลี่ยรวมทุกข้อ โดยจัดกลุ่มโดยพิจารณาจากมโนคติของข้อคำถามได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่มมโนคติที่ศึกษาพบว่า ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนเช่นกัน คือ กลุ่มมโนคติที่ 1 เป็นมโนคติเกี่ยวกับกราฟตำแหน่งกับเวลา จากร้อยละ 27.98 เป็นร้อยละ 71.46 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.60 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นในระดับปานกลาง กลุ่มมโนคติที่ 2 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับกราฟความเร็วกับเวลา จากร้อยละ 26.09 เป็นร้อยละ 62.51 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.49 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นในระดับปานกลาง กลุ่มมโนคติที่ 3 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับกราฟความเร่งกับเวลา จากร้อยละ 24.46 เป็นร้อยละ 59.78 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.47 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นในระดับปานกลาง และกลุ่มมโนคติที่ 4 เป็นมโนคติที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกราฟการเคลื่อนที่ จากร้อยละ 32.87 เป็นร้อยละ 64.11 ได้ค่า <g> เท่ากับ 0.47 ถือว่าความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นในระดับปานกลาง จึงสรุปได้ว่า มโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่เมื่อผ่านการใช้วิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอมีการพัฒนาในที่ดีขึ้นในระดับปานกลาง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการใช้วิธีสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอที่มีต่อมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยสามารถแยกอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่าง ๆ แยกตามกลุ่มของมโนคติ ดังนี้

กลุ่มมโนคติที่ 1 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟตำแหน่งกับเวลา ได้แก่ ข้อคำถาม ข้อที่ 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ มโนคติที่ศึกษา คือลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากกราฟตำแหน่งกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ซึ่งสามารถแสดงมโนคติเป็นกราฟในลักษณะดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟของกลุ่มมโนคติที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ตามลำดับ

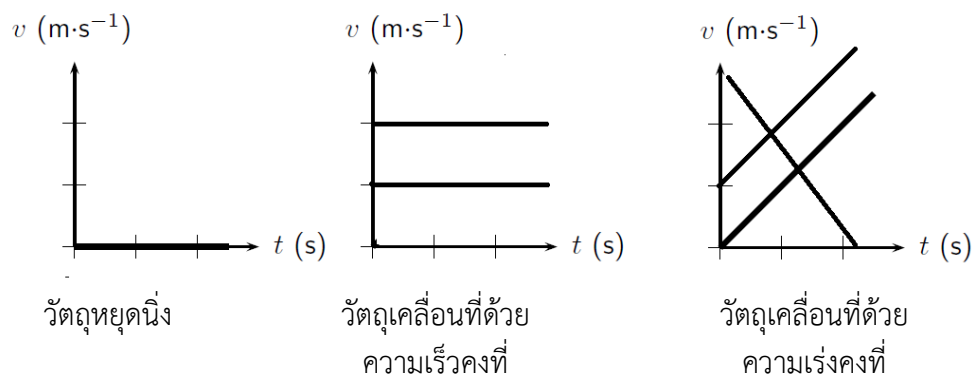
สำหรับมโนคติของนักเรียนในกลุ่มมโนคติกลุ่มที่ 1 พบว่าก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถอธิบายลักษณะกราฟเส้นโค้งได้ นักเรียนยังมองเส้นกราฟเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ นักเรียนส่วนใหญ่ยังเข้าใจผิดเกี่ยวกับความเร่งที่แสดงในกราฟตำแหน่งกับเวลา นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุจุดวกกลับของการเคลื่อนที่วัตถุจากกราฟ และไม่สามารถพิจารณาการกระจัดระยะทางจากกราฟตำแหน่งกับเวลาและพิจารณาความชันของกราฟได้ นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า วัตถุจะหยุดนิ่ง ณ จุดตัดของกราฟ และไม่เข้าใจว่าจะสามารถหาความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยจากกราฟตำแหน่งกับเวลาได้อย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าวัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นตามแนวเส้นกราฟ

ความเร็วจากความชันของกราฟตำแหน่งกับเวลาหาได้จากการลากแนวกราฟเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ใช้ความสูงหารด้วยฐาน เพราะความสูงของสามเหลี่ยมหมายถึงการเปลี่ยนตำแหน่งและฐานคือเวลา โดยก่อนเรียนนักเรียนคาดเดาความเร็วจากจุดตัดของกราฟ และอ่านค่าตำแหน่งเป็นความเร็วโดยไม่พิจารณาความชันของกราฟ

โดยสรุปมโนคติกลุ่มที่ 1 ของนักเรียนที่ศึกษามโนคติกราฟตำแหน่งกับเวลา ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม ข้อที่ 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ พบว่าผู้เรียนมีมโนคติที่ดีขึ้นซึ่งพิจารณาจากค่า Class Average Normalized gain $\langle g \rangle$ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง

กลุ่มมโนคติที่ 2 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดมโนคติเกี่ยวกับกราฟความเร็วกับเวลา ได้แก่ ข้อคำถาม ข้อที่ 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งมโนคติเกี่ยวกับกราฟความเร็วกับเวลา ที่ศึกษาประกอบด้วยลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากกราฟความเร็วกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ซึ่งสามารถแสดงมโนคติเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 5

ซึ่งก่อนเรียนนักเรียนเข้าใจว่ากราฟความเร็วกับเวลาที่แสดงว่าวัตถุมีความเร็วลดลง จึงทำให้ความเร่งมีค่าลดลงตามแนวเส้นกราฟ เนื่องจากขนาดของพื้นที่ใต้กราฟความเร็วกับเวลา คือ ขนาดของการกระจัดและระยะทาง กรณีสนใจทิศทาง (+, -) คือการกระจัด และกรณีสนใจแต่ขนาด (+, +) คือระยะทาง ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่ายิ่งความเร็วเพิ่มการกระจัดเพิ่มตาม โดยไม่คำนึงถึงพื้นที่ใต้กราฟ นักเรียนส่วนใหญ่คาดเดาจากการกระจัดจากค่าของความต่างเวลาโดยไม่พิจารณาพื้นที่ใต้กราฟ นักเรียนคาดเดาระยะทางจากการอ่านค่าความเร็ว จะเห็นได้ว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจว่าการกระจัดและระยะทางสามารถบอกได้จากรูปแบบของพื้นที่ใต้กราฟ



ภาพที่ 5 กราฟของกลุ่มโมโนมิติที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ตามลำดับ

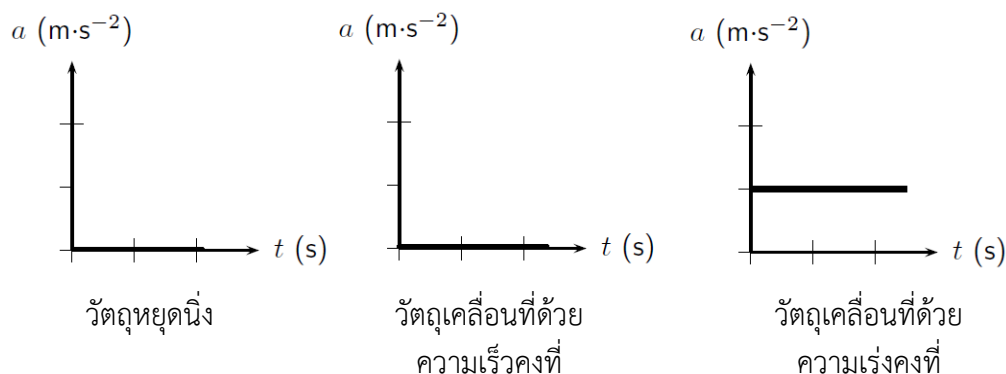
นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ เข้าใจว่าความชันกราฟที่เฉียงลงความเร่งเป็นลบ โดยไม่คำนึงถึงจุดวกกลับ โดยหลักการความเร่งจากความชันของกราฟความเร็วกับเวลา สามารถทราบค่าได้จากการลากแนวกราฟเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ใช้ความสูงหารด้วยฐาน เพราะความสูงของสามเหลี่ยมหมายถึงการเปลี่ยนความเร็ว และฐานคือเวลา แต่ก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถหาความเร่งได้จากการอ่านค่ากราฟโดยตรง นักเรียนบางส่วนคาดเดาความเร่งจากค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก นักเรียนส่วนใหญ่หาความเร่งจากความชันของกราฟความเร็วกับเวลาผิดโดยคาดเดาจากการกระทำคุณหาร โดยไม่ใช้หลักการทางฟิสิกส์สนับสนุน

โดยสรุปโมโนมิติกลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม ข้อที่ 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19 และ 20 ตามลำดับ พบว่าผู้เรียนมีโมโนมิติที่ดีขึ้นซึ่งพิจารณาจากค่า Class Average Normalized gain <g> ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นข้อ 17 ที่ค่า Class Average Normalized gain <g> อยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจเป็นเพราะกิจกรรมที่ใช้ในการสอนเป็นกิจกรรมที่ไม่ซับซ้อนแล้วทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย

กลุ่มโมโนมิติที่ 3 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดโมโนมิติเกี่ยวกับกราฟความเร่งกับเวลา ได้แก่ข้อคำถาม ข้อที่ 21, 25, 27 และ 28 ตามลำดับ ซึ่งโมโนมิติเกี่ยวกับกราฟความเร่งกับเวลา ที่ศึกษาประกอบด้วยลักษณะความเร่งของวัตถุเทียบกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ซึ่งสามารถแสดงโมโนมิติเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 6

จากผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ากราฟเส้นตรงทุกรูปแบบคือกราฟของค่าคงที่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าหากความเร่งคงที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ความเร็วน้อย โดยไม่คำนึงถึงพื้นที่ใต้กราฟ และความเร็วจะเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอตามเส้นกราฟความเร็ว นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถหาความเร็วได้จากการอ่านค่ากราฟความเร็วกับเวลา



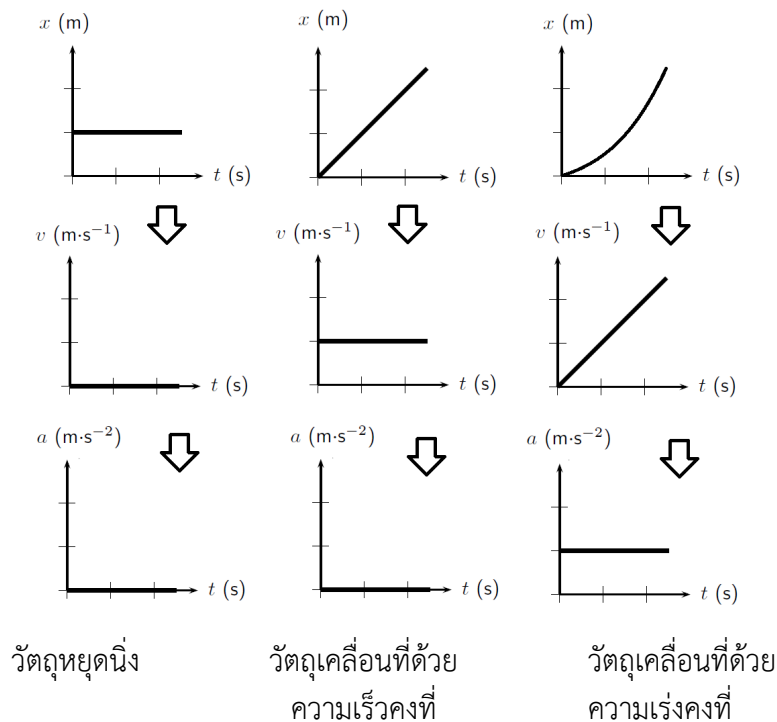
ภาพที่ 6 กราฟของกลุ่มโมโนมิติที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ตามลำดับ

โดยสรุปโมโนมิติกลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม ข้อที่ ข้อที่ 21, 25, 27 และ 28 ตามลำดับ พบว่าผู้เรียนมีโมโนมิติที่ดีขึ้นซึ่งพิจารณาจากค่า Class Average Normalized gain <g> ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง

กลุ่มโมโนมิติที่ 4 เป็นกลุ่มของข้อคำถามในแบบวัดโมโนมิติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกราฟต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลาและกราฟความเร็วกับเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟความเร็วกับเวลาและกราฟความเร่งกับเวลา และความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา และกราฟความเร่งกับเวลา ตามลำดับ ได้แก่ข้อคำถาม ข้อที่ 3, 6, 12, 16, 22, 23, 24 และ 26 ตามลำดับซึ่งสามารถแสดงโมโนมิติเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 7

จากผลการวิจัยพบวก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลาเมื่อเปลี่ยนเป็นกราฟความเร็วกับเวลา โดยไม่สามารถอธิบายกราฟในลักษณะการเคลื่อนที่เดียวกันกับกราฟตำแหน่งกับเวลา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกลักษณะกราฟความเร็วเป็นกราฟความเร่ง แต่เมื่อเปลี่ยนกราฟความเร่งเป็นกราฟความเร็ว นักเรียนกลับมีโมโนมิติที่ถูกต่อน้อยมาก (ร้อยละ 21.70) นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่ากราฟความเร่งเฉียงลงจะทำให้ความเร็วลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบวก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลา ความเร็วกับเวลา และ ความเร่งกับเวลา เมื่อกำหนดสถานการณ์ นักเรียนเข้าใจว่าค่า ตำแหน่ง ความเร็วและความเร่ง มีค่าตามแนวเส้นกราฟ นักเรียนยังเข้าใจอีกว่ากราฟตำแหน่งกับเวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลาที่มีลักษณะเดียวกัน นักเรียนเข้าใจว่ากราฟความเร็วคงที่ หมายถึงความเร่งคงที่

โดยสรุปโมโนมิติกลุ่มที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม ข้อที่ ข้อที่ ข้อที่ 3, 6, 12, 16, 22, 23, 24 และ 26 ตามลำดับ พบว่านักเรียนมีโมโนมิติที่ดีขึ้นซึ่งพิจารณาจากค่า Class Average Normalized gain <g> ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นข้อที่ 12 ที่อยู่ในระดับสูง และ ข้อที่ 23 ที่อยู่ในระดับต่ำ



ภาพที่ 7 กราฟของกลุ่มโมเมนต์ที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟตำแหน่งกับเวลาเมื่อเปลี่ยนเป็นกราฟความเร็วกับเวลา เมื่อวัตถุหยุดนิ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

แม้ว่าแบบวัดโมเมนต์เกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ จะสามารถนำมาใช้ในการวัดโมเมนต์ได้อย่างชัดเจน แต่เพื่อให้ทราบถึงโมเมนต์ของนักเรียนแต่ละคนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ควรแปรผลร่วมกับเครื่องมือวิจัยอื่น ๆ เช่น การสัมภาษณ์ แบบสังเกต แบบทดสอบระหว่างเรียน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการเตรียมภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์ ผู้วิจัยควรเตรียมมาล่วงหน้า และต้องศึกษาการจัดวางระยะอ้างอิง และฉากหลังที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน ไม่ควรเลือกวัสดุที่มีหลากหลายสี เพราะโปรแกรมอาจสับสนใจการเลือกอ่านค่าจากสีของวัตถุ
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจใช้โปรแกรมที่ถูกพัฒนามากยิ่งขึ้นสามารถใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ที่หลากหลายและสัมพันธ์กับเหตุการณ์เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Association of Physics Teacher**, 62, 750.
- Bektasli, B. (2006). **The relationships between spatial ability, logical thinking, mathematics performance and kinematics graph interpretation skills of 12th grade physics students**. Dissertation of the Degree Doctor of Philosophy in The Graduate School of Ohio State University.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. ERIC Digest. ERIC Clearinghouse on Higher Education, Washington DC.1 FGK28050, George Washington Univ., Washington DC.
- Calik, M., Ayas, A., & Col, R. K. (2010). Investigating the Effectiveness of Teaching Methods Based on a Four-Step Constructivist Strategy. **Journal of Science Education and Technology**, 19(1), 32–48.
- Gregorcic, B., & Bodin, M. (2017). Algodoo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning. **The Physics Teacher**, 55(1), 25-28.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, 66(1), 64-74.
- Hançer A. H., & Durkan, N. (2008). Turkish Pupils Understanding of Physical Concept: Force and Movement. **World Applied Sciences Journal**, 3(1), 45 – 50.
- Hassan, M., & Hamada, M., (2016). **Recommending Learning Peers for Collaborative Learning through Social Network Sites**. Proceeding presented in 7th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS).
- Jairuk., A. (2007). **The Use of Interactive Lecture Demonstrations in Force and Motion to Teach high school-level Physics**. Dissertation of The Degree of Master of Science and Technology Education Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.
- Miller, L. M., Moreno, J., Willcockson, I., Smith, D., & Mayes, J. (2006). An online, interactive approach to teaching neuroscience to adolescents. **CBE Life Science Education**, 5(2), 137–143.
- Prescott, A., & Mitchelmore, M. (2005). **Student misconceptions about projectile motion**. In P. Clarkson, A. Downton, A. McDonough, R. Pierce, A. Roche, M. Horne, & D. Gronn (Eds.), *MERGA 28 Building Connections: Theory, Research and Practice* (pp. 633-640). Melbourne: Mathematics Education Research Group of Australasia.

- Rodrigues, M., & Simeão Carvalho, P. (2013). Teaching physics with Angry Birds: exploring the kinematics and dynamics of the game. **Physics Education**, **48**(4), 431–437.
- Rudolph A. L., Lamine, B., Joyce, M., Vignolles, H. & Consiglio, D. (2014). Introduction of interactive learning into French university physics classrooms. **PHYS. REV. ST PHYS. EDUC. RES.**, **10**, 010103.
- Sirisathitkul, C., Glawtanongl, P., Eadkongl, T., & Sirisathitkul, Y. (2013). Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker, **Rev. Bras. Ensino Fís.**, **35**(1), 1504-6.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. **The Physics Teacher**, **35**(6), 340-347.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (2004). **Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics**. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. **International Journal of Science Education**, **22**(4), 399 -417.
- Watts, M., & Pope, M. (1998). Thinking about thinking, learning about learning: constructivism in physics education. **Physics Education**, **24**(6), 326-331.