**การใช้โปรแกรม Tracker Video Analysis เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้มโนมติ เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุ
Using Tracker Video Analysis as a Pedagogical Tool for Understanding Concepts of Motion**

เทพพร โลมารักษ์1

Tepporn Lomarak1

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก โดยการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Tracker และสำรวจความเข้าใจโดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 จำนวน 44 คน ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ 1.แผนการจัดการเรียนรู้ 2.ใบความรู้เรื่องการใช้โปรแกรม tracker 3.ใบความรู้การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบทดสอบการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวโดยโปรแกรม tracker จำนวน 5 ข้อ ใช้วัดวิธีการใช้โปรแกรม Tracker (1) ความเข้าใจเนื้อหาการตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (2, 3 และ4) และการการนำโปรแแกรม Tracker ไปใช้ในการเคลื่อนที่แบบอื่น ๆ (5) พบว่าหลังเรียน นักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความเข้าใจในเรื่องการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่ การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกโดยโปรแกรม Tracker เมื่อเทียบกับเกณฑ์ 65 %

**คำสำคัญ** : โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์ การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซิมเปิลฮาร์มอนิก

1ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, tepporn.lm@bru.ac.th
1Assistant Professor, Department General, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University, tepporn.lm@bru.ac.th

**ABSTRACT**

 The purpose of this research was to study free fall. horizontal movement projectile motion and simple harmonic motion by analyzing the motion picture with the Tracker program and exploring the understanding of the samples in this research, namely 44 third-year general science students consisting of tools used in learning management, namely 1. Learning Management Plan 2.Knowledge on using tracker program 3.Knowledge on motion analysis and tools used to collect quantitative data is a 5item motion analysis test by tracker program used to measure how to use the tracker program. (1) Comprehension of free fall contents horizontal movement projectile motion and simple harmonic motion (2, 3 and 4) and application of the Tracker program to other motions (5). Found that after school Third-year students have an understanding of motion animation analysis. free fall horizontal movement projectile motion and simple harmonic motion by the Tracker program compared to the 65 % criterion.

**KEYWORDS** : Video tracker analysis program, Free fall, Projectile motion, Simple harmonic

**บทนำ**

 กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานจะต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลสอดคล้องกับประเทศไทย 4.0  และโลก ในศตวรรษที่ 21 จึงได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ (2560)

 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้

กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ เทคโนโลยี การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรูแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2560)

ปัญหาที่พบคือเมื่อพิจารณาแบบเรียนของห้องเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ประกอบด้วยสาระสำคัญ 8 สาระด้วยกัน โดยวิชาฟิสิกส์ถูกบรรจุเป็นสาระที่ 6 ซึ่งรายวิชาฟิสิกส์นี้เป็นหนึ่งสาขาของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ กฎและทฤษฎีที่เป็นฐาน และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสาขาวิชาอื่น ๆ ได้ แต่เมื่อพิจารณาสภาพการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนส่วนใหญ่พบว่า ครูหรือผู้สอนจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายเป็นหลักซึ่งไม่สามารถเร้าความสนใจอันก่อให้เกิดความจนใจใคร่รู้ ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการฟิสิกส์ในห้องเรียนที่ไม่สนองต่อการพัฒนาความคิดของผู้เรียนของงานวิจัยของเยาวลักษณ์ บัวศรีใส (2558) อีกทั้งผู้เรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ สาเหตุเนื่องจากผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ทำให้ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการทำกิจกรรมไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ระดับวิเคราะห์สังเคราะห์รวมไป ถึงการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง บุญชม ศรีสะอาด (2545) และสำหรับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาในประเทศไทย มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์น้อยมาก โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ขึ้นฐานอันได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ส่วนใหญ่การเรียนการสอนยังเป็นรูปแบบที่อาจารย์เป็นผู้บรรยายแล้วให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดโดยไม่มีกิจกรรมอื่นเสริม และแตกต่างกับการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งแม้ว่าจะยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์เท่าที่ควร แต่ก็ทำได้ก้าวหน้ากว่าเพราะใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเตาะมากกว่าระดับอุดมศึกษา ซึ่งวิธีการเรียนการสอนที่ล้าหลังของอุดมศึกษาเช่นนี้เป็นเรื่องที่นำเป็นห่วง เพราะการศึกษาระดับอุคมศึกษาถือเป็นระดับการศึกษาขั้นสุดท้ายสำหรับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เพื่อให้มีความพร้อมในการปฏิบัติงานได้ในความเป็นจริง บันเทิง ศิลปัส กุลสุข และสนอง ทองปาน (2541 : 19-25) การทดลองในการเรียนการสอนฟิสิกส์เป็นสิ่งสำคัญเพราะการทดลองเป็นการตรวจสอบสมมติฐานหรือทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์คันพบ การทดลองเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยการลงมือทำที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ Wuttiprom (2013) ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลให้การทดลองในการเรียนการสอนฟิสิกส์เปลี่ยนไป เช่น ในปี ค.ศ 2009 David Brown ได้พัฒนาโปรแกรม Tracker ขึ้น โปรแกรมนี้ช่วยทำให้การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ทำได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น เพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือในการวัดที่ซับซ้อนและมีราคาสูง เช่น ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ (motion sensor) ตัวตรวจจับแรง (force sensor) โดยมีอุปกรณ์หลัก คือ กล้องถ่ายภาพความเร็วสูงเท่านั้น Tracker สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปของกราฟ เช่น กราฟตำแหน่งกับเวลาความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา ทำให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ทันทีที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ Tracker ยังสามารถสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ด้วยการสร้างสมการการเคลื่อน-ที่เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองจริง ๆ ได้ Keawsutti (2013) Wattanakasiwich (2012)

 โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์เป็นโปรแกรมที่วิเคราะห์วิดีโอที่บันทึกการทดลอง สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ และสามารถแปรผลการทดลองเป็นค่าปริมาณต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ พร้อมทั้งนำเสนอผลการทดลองมาในรูปของกราฟ ช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตผลการทดลองได้จัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยสนับสนุนกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ Wcc and Lce (2011) ร้อยละคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนมีคะแนนที่สูงกว่าร้อยละ 80 โดยโปรแกรมวิดีโอแทรกเกอร์ช่วยสอน มีส่วนในการกระตุ้นในการเรียนรู้ของนักเรียน ให้มีส่วนร่วมในการทำการทดลองเพื่อหาคำตอบตามจุดประสงค์การทดลอง(ถาวร เรืองบุญ และสุระ วุฒิพรม, 2559) และ Wee and Lce ที่ได้ศึกษาเรื่อง Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education ซึ่งพบว่า โปรแกรมวิดีโอแทรกเกอร์นี้เป็นเครื่องอำนวยความสะควกในกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและยังกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น Wee and Lce (2011)

 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งโปรแกรม tracker ที่เราได้ทำการศึกษาก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้สอนสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ฟรี  สะดวก สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เพียงแค่วิดีโอที่ผู้เรียนจะนำมาวิเคราะห์ โดย tracker สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเคลื่อนไหวให้เป็นกราฟ ระบุตำแหน่งของวัตถุที่เวลาต่าง ๆ ได้

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก โดยการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Tracker
2. เพื่อสำรวจความเข้าใจมโนมติของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลังจากเรียนรู้ การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก โดยการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Tracker

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. ประชากรเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 2 หมู่เรียนได้แก่ หมู่ 1 จำนวน 20 คน หมู่ 2 จำนวน 24 คน รวมทั้งสิ้น 44 คน
2. ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่
	1. ตัวแปรอิสระ
		1. การจัดการเรียนรู้การเคลื่อนที่ในแบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Tracker
	2. ตัวแปรตาม
		1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวโดยใช้โปรแกรม Tracker
		2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าทางฟิสิกส์
3. ระยะเวลาการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการดำเนินการตั้งแต่วันที่  1 พฤศจิกายน 2565 - 10 มีนาคม 2566

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

 โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์ หมายถึง โปรแกรมที่วิเคราะห์วิดีโอที่บันทึกการทดลอง สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ และสามารถแปรผลการทดลองเป็นค่าปริมาณต่างๆทางฟิสิกส์ พร้อมทั้งนำเสนอผลการทดลองมาในรูปของกราฟ

การตกอย่างอิสระ ( Free Fall ) หมายถึง การตกอย่างเสรีภายใต้อิทธิพลของสนามความโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติด้วยความเร่งคงที่ ความเร่งของการ เคลื่อนที่ในกรณีนี้ เรียกว่า “ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง” ซึ่งนิยมให้สัญลักษณ์ เป็น g ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกเสมอ

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile) หมายถึง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ในสองมิติของวัตถุคือการเคลื่อนที่ในแนวราบ (แกน X) และการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (แกน Y) วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยความเร็วคงตัว (a=0) และเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งโดยเสรีด้วยความเร่งคงตัวนั้นคือเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ซึ่งมีอัตราเร่งประมาณ 9.81 m/s2 ปริมาณที่สนใจสำาหรับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือระยะทางสูงสุด (พิสัย) ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น มุมในการยิง ความเร็วต้นในการยิง

การเคลื่อนที่ในแนวราบ (Rectilinear) หมายถึง การเคลื่อนที่แบบไปซ้ายหรือขวา หรือไปข้างหน้าหรือหลัง ทิศทางหลัก ๆ จะเป็นเส้นตรง ส่วนสมการสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวราบ เราจะหยิบปริมาณต่าง ๆ ที่เราได้เรียนรู้กันไปในหัวข้อก่อนหน้านี้มาใช้ในการคำนวณ = ความเร็วต้น หน่วยเป็นเมตร/วินาที (m/s) = ความเร็วปลาย หน่วยเป็นเมตร/วินาที (m/s)

ซิมเปิลฮาร์มอนิก (Hamornic) หมายถึง ลูกตุ้มที่ประกอบด้วยมวลขนาดเล็ก ตามอุดมคติเป็นจุด แขวนที่ปลายด้ายหรือเชือกอ่อน โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวดิ่งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุให้เอียงทำมุมเล็ก ๆ กับแนวดิ่งแล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่แกว่งกลับไปมา ซึ่งจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

**เครื่องมือวิจัย**

 แบ่งออกแบ่ง 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างเครื่องมือวิจัยแบบทดสอบการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยใช้โปรแกรม Trackerเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบปลายเปิด จำนวน 5 ข้อ เพื่อใช้วัดความเข้าใจ
	1. จงอธิบายการตกอย่างอิสระ(free fall) ของวัตถุ และอธิบายการคำนวณหาค่าการตกอย่างอิสระ ต้องนำค่าใดในรูปภาพมาคำนวณหาค่า g และจากภาพค่า g และ %error มีค่าเท่าใด
	2. จงอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และวิธีการหาค่า g จากข้อมูลที่ให้จากภาพที่กำหนดให้ พร้อมคำนวณหา %error
	3. จงอธิบายการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม และหาค่าจากข้อมูลที่ให้ในรูป พร้อมคำนวณหา %error (l = 0.8 m )
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
ตารางที่ 1 แสดงประเด็นที่ต้องการวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก โดยใช้โปรแกรม Tracker

|  |  |
| --- | --- |
| ข้อ | ประเด็นที่ต้องการวัดความเข้าใจ |
| 2 | การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการตกอย่างอิสระ |
| 3 | การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ |
| 4 | การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก |

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินผลเพื่อจำแนกระดับความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Tracker

| **เรื่อง** | **ระดับความเข้าใจ** | **คำตอบ** |
| --- | --- | --- |
| การตกอย่างอิสระการตกอย่างอิสระ | ไม่มีมโนมติ (NU) | ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม |
| ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (AC) | คำตอบผิดทั้งหมด ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าจากกราฟ นำค่ามาแทนในสมการไม่ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง คำตอบผิด และไม่มีการใส่หน่วย |
| ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | คำตอบผิดบางส่วน 1. แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้องกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีที่ถูกต้อง
2. ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการคำนวณ ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
3. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ มีกระบวนการคำนวนที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
4. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง มีคำตอบที่ถูกต้อง และมีการใส่หน่วย
5. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
6. แสดงให้เห็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการคำนวณ ไม่มีการใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง มีคำตอบที่ถูกต้อง
 |
| ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน(PU) | คำตอบถูกบางส่วน 1. ไม่แสดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง มีการใส่หน่วย แต่มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง
2. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง คำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ
3. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณถูกต้อง และมีคำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการใส่หน่วย
 |
|  | ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์(CU) | ถูกต้องทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย |
| การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ | ไม่มีมโนมติ (NU) | ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม |
| ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (AC) | คำตอบผิดทั้งหมด ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าจากกราฟ นำค่ามาแทนในสมการไม่ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง คำตอบผิด และไม่มีการใส่หน่วย |
| ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน(PS) | คำตอบผิดบางส่วน 1. แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้อง กระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ถูกต้อง
2. แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้อง กระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ถูกต้อง และมีการใส่หน่วย
3. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีกระบวนการคำนวนที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
4. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง มีคำตอบที่ถูกต้อง และมีการใส่หน่วย
5. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าถจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
6. แสดงให้เห็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการคำนวณ ไม่มีการใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง มีคำตอบที่ถูกต้อง
 |
| ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน(PU) | คำตอบถูกบางส่วน มี 3 แบบ1. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง คำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย แต่ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. ไม่แสดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง มีการใส่หน่วย แต่มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง
3. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณถูกต้อง และมีคำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการใส่หน่วย
 |
| ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์(CU) | ถูกต้องทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย |
| การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม | ไม่มีมโนมติ (NU) | ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม |
| ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (AC) | คำตอบผิดบางส่วน 1. แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้อง กระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มที่ถูกต้อง
2. แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม กระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนค่าได้ถูกต้อง
3. แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้อง กระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มที่ถูกต้อง และมีการใส่หน่วย
4. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการคำนวณ มีคำตอบที่ผิด ไม่มีการใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม และมีการอ่านค่าพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง
5. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการคำนวณ มีคำตอบที่ผิด แต่มีความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม อ่านค่าพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง และมีการใส่หน่วย
6. แสดงให้เห็นความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ไม่มีการใส่หน่วย แต่อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาคำนวณได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่ถูกต้อง
 |
| การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม | ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน(PS) | คำตอบถูกบางส่วน 1. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง คำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย แต่ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม
2. ไม่แสดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อที่แบบลูกตุ้ม อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง มีการใส่หน่วย แต่มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง
3. ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณถูกต้อง และมีคำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการใส่หน่วย
 |
|  | ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์(CU) | ถูกต้องทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย |

**ผลการวิจัย**

1. การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรเเกรม Tracker เรื่องการตกอย่างอิสระ มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) 22.73% ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน (PU) 34.09% ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 34.09% ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (AC) 4.55% ไม่มีมโนมติ (NU) 4.55%
2. เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) 31.82% ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน (PU) 22.73% ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 31.10% ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (AC) 2.27% ไม่มีมโนมติ (NU) 9.10%
3. การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรเเกรม Tracker เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) 20.45% ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน (PU) 20.45% ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 47.73% ไม่มีมโนมติ (NU) 11.36%

**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาและสำรวจความเข้าใจนักศึกษาชั้นปีที่ 3 การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก โดยการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Tracker และทำการทดสอบความเข้าใจหลังจากการเรียนรู้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งกลุ่มความเข้าใจออกเป็น (Westbrook and Marek, 1991) ได้ให้ความหมายของความเข้าใจมโนมติ หมายถึง ระดับความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ของซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้ 1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน 3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อน 4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบ ของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด 5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม และใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้าใจในเนื้อหาการเรียนรู้

**อภิปรายผล**



ตารางที่ 1 ร้อยละของจำนวนนักศึกษาที่มีความเข้าใจในแต่ละระดับ

 ประเด็นที่ 1 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความเข้าใจผิดบางส่วน คือ แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้องกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการตกอย่างอิสระที่ถูกต้อง (34.09%) มีความเข้าใจถูกบางส่วน คือ ไม่แสดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง มีการใส่หน่วย แต่มีกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง (34.09%) มีความเข้าใจที่สมบูรณ์ คือ ถูกต้องทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย (22.73%) มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คือ คำตอบผิดทั้งหมด ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการตกอย่างอิสระ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าจากกราฟ นำค่ามาแทนในสมการไม่ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง คำตอบผิด และไม่มีการใส่หน่วย (4.55%) ไม่มีความเข้าใจ คือ ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม (4.55%) ตามลำดับ

 ประเด็นที่ 2 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความเข้าใจผิดบางส่วน คือ แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้องกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ถูกต้อง (34.10%) มีความเข้าใจที่สมบูรณ์ คือ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย (31.82%) มีความเข้าใจถูกบางส่วน คือ ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง คำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย แต่ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (22.73%) ไม่มีความเข้าใจ คือ ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม (9.10%) มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คือ คำตอบผิดทั้งหมด ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าจากกราฟ นำค่ามาแทนในสมการไม่ถูกต้อง มีกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง คำตอบผิด และไม่มีการใส่หน่วย (2.27%) ตามลำดับ

ประเด็นที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความเข้าใจผิดบางส่วน คือ แสดงความเข้าใจคาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำค่ามาแทนในสมการได้ไม่ถูกต้องกระบวนการคำนวณไม่ถูกต้อง มีคำตอบที่ผิด และไม่ใส่หน่วย แต่มีความเข้าใจในทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มที่ถูกต้อง (47.73%)มีคำตอบถูกบางส่วน คือ

ไม่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการอ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง คำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย แต่ไม่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม (20.45%) มีความเข้าใจที่สมบูรณ์ คือ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม อ่านค่าจากกราฟพร้อมนำมาแทนในสมการได้ถูกต้อง กระบวนการคำนวณถูกต้อง มีคำตอบถูกต้อง และมีการใส่หน่วย (20.45%) ไม่มีความเข้าใจ คือ ไม่ตอบ ตอบไม่ตรงคำถาม (11.36%) ตามลำดับ

 ผลวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ถาวร เรืองบุญ และสุระ วุฒิพรม (2559) มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยโปรแกรมวิดีโอแทรกเกอร์ช่วยสอน มีส่วนในการกระตุ้นในการเรียนรู้ของนักเรียนเพราะการศึกษาระดับอุคมศึกษาถือเป็นระดับการศึกษาขั้นสุดท้ายสำหรับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เพื่อให้มีความพร้อมในการปฏิบัติงานได้ในความเป็นจริง (บันเทิง ศิลปัสกุลสุข และสนอง ทองปาน , 2541 : 19-25) อย่างไรก็ตามหลังเรียน นักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความเข้าใจในเรื่องการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกโดยโปรแกรม Tracker สูง เพราะว่าโปรแกรม Tracker ช่วยวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหว โปรแกรมนี้ช่วยทำให้การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ทำได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น เพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือในการวัดที่ซับซ้อนและมีราคาสูง เช่น ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ (motion sensor) ตัวตรวจจับแรง (force sensor) Tracker สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปของกราฟ เช่น กราฟตำแหน่งกับเวลาความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา ทำให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ทันทีที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ Tracker ยังสามารถวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์เป็นโปรแกรมที่วิเคราะห์วิดีโอที่บันทึกการทดลอง สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ และสามารถแปรผลการทดลองเป็นค่าปริมาณต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ Keawsutti (2013) & Wattanakasiwich (2012) พร้อมทั้งนำเสนอผลการทดลองมาในรูปของกราฟ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงการเคลื่อนที่ในแบบต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น สอดคล้องกับ ให้มีส่วนร่วมในการทำการทดลองเพื่อหาคำตอบตามจุดประสงค์การทดลอง และ Wee and Lce ที่ได้ศึกษาเรื่อง Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education ซึ่งพบว่า เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งโปรแกรม tracker ที่เราได้ทำการศึกษาก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้สอนสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ฟรี สะดวก สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เพียงแค่วิดีโอที่ผู้เรียนจะนำมาวิเคราะห์ โดย tracker สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเคลื่อนไหวให้เป็นกราฟ ระบุตำแหน่งของวัตถุที่เวลา
ต่าง ๆ ได้ Wee and Lce (2011) ช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนแบบบรรยายเป็นหลักที่ไม่สามารถเร้าความสนใจอันก่อให้เกิดความจนใจใคร่รู้ ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการฟิสิกส์ในห้องเรียนที่ไม่สนองต่อการพัฒนาความคิดของผู้เรียนของงานวิจัยของเยาวลักษณ์ บัวศรีใส, (2558) และผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ทำให้ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการทำกิจกรรมไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ระดับวิเคราะห์สังเคราะห์รวมไป ถึงการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)เป็นไปตามการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลสอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 และโลก ในศตวรรษที่ 21 จึงได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ (2560)

**ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้**

ผลการศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนรวมถึงการพัฒนาสื่อการสอนเพื่อลดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

**ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

1. ผู้สอนควรศึกษาความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของผู้เรียน เพื่อให้ครูผู้สอนได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และเน้นย้ำในประเด็นที่ผู้เรียนจะมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่นทฤษฎี การนำค่าจากกราฟมาคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลภายในโปรแกรม Tracker ของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เป็นต้น
2. ผู้สอนควรนำโปรแกรม Tracker มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์มากขึ้น
3. ควรศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนามโนมติฟิสิกส์ของนักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้โปรแกรม Tracker เป็นสื่อประกอบการสอนในภูมิภาคอื่นของประเทศไทย

**เอกสารอ้างอิง**

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับ
 ปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551(พิมพ์ครั้งที่ 1).
กัญญา เกื้อกูล. (2561, 13 คุลาคม). การเคลื่อนที่, โพรเจกไทล์, แนวราบ, แนวดิ่ง, ระยะทาง ,วงกลม. สถาบันการ
 ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). https://www.scimath.org/lesson-
 physics/item/9414-2018-11-14-08-28-11
เคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก (SHM) ของเพนดูลัมหรือการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา. (2564, 6 สิงหาคม).
 <https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/34972>
จิราพร ใจแสน แสงกฤช กลั่นบุศย์ และ ขวัญอารยะธนิตกุล. (2565). ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน
 เกี่ยวกับการหักเหของแสง เรื่อง ลึกจริง ลึกปรากฏ. ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
ชัยณรงค์ อกอุ่น (ม.ป.ป.). เทคนิคการตอบข้อสอบอัตนัย. https://www.stou.ac.th/study/sumrit/6-
 59(500)/page1-6-59(500).html
ถาวร เรืองบุญ และสุระ วุฒิพรม. (2559). การออกแบบและพัฒนาชุดยิงโพรเจกไทล์ด้วยการเหนี่ยวนำ
 แม่เหล็กไฟฟ้า. ภาควิชาฟิสิกส์ และศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา
บันเทิง ศิลปัสกุลสุข และสนอง ทองปาน. การพัฒนาการสอนกลศาสตร์ระดับอุดมศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินท
 รวิโรฒ ประสานมิตร:กรุงเทพฯ. https://shorturl.asia/her6R
บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น
ปิยะ พละคช. (2560, 11 มิถุนายน). ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก.
 https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7219-2017-06-11-05-27-57
พรรัตน์ วัฒนกสิวิชช์ และจิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล. (2555) เรื่องการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงในกลศาสตร์
 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ).
 <https://www.thaiscience.info/journals/Article/SSCJ/10894626.pdf>
เยาวลักษณ์ บัวศรีใส. (2558). การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วยรูปแบบการเรียนร่วมมือ เรื่องการ
 เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, ปีที่ 14 (3), 1-8.
 <https://shorturl.asia/XRkh8>
สุภาวรรณ สวนพลอย, วัฒนะ รัมมะเอ็ด และอารยา มุ่งชำนาญกิจ. (2558). การใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรก
 เกอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบคาบ เพื่อเพิ่มผลการ เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 กรณีศึกษา. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต

สุระ วุฒิพรหม, (2556). การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนระหว่างวิดี โอเทปกับการทดลองแบบสาธิตเพื่อพัฒนา
 แนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงลอยตัว , วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการ
 เรียนรู้ (Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning): Vol.
 4 No. 1 (2556): JSTEL
สูปียา ปะดอ และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ. (2563). การประยุกต์ใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์ สำหรับวิเคราะห์การ
 เคลื่อนที่ของหยดน้ำมันในสนามไฟฟ้า. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร
 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
อันดามัน และคณะ (2557). วท.ม เรื่องวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจกไทล์ กรณีศึกษาจรวดน้ำ.
 มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. <https://li01.tcithaijo.org/index.php/pnujr/article/view/53879>
Brown, D., and Cox, A. J. (2009). Innovative uses of video analysis. The Physics Teacher 47(3):
 145–150.
Chernetckiy et al. (2021). การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์วิดีโอ Tracker เพื่อการเรียนรู้ทางไกลของฟิสิกส์.

 <https://www.researchgate.net/publication/275168249_Computational_modeling_of_autot>

 hermal\_combustion\_of\_mechanically-activated\_micronized\_coal

Keawsutti, D. (2013). Development of experimental modules on drag using video analysis
 technique. Master’s Thesis of Teaching Physics, Faculty of Graduate Stu-dies. Chiangmai:
 Chiangmai Univer-sity. (in Thai)
Wattanakasiwich, P., and Poonyawatpornkul, J. (2012). High speed video analysis in mechanics.
 Srinakharinwirot Science Journal 28(2): 211–232. (in Thai)
Wee, L. K., Chew, C., Goh, G. H., Tan, S., and Lce, T. L. (2012). Using Tracker as a pedagogical
 tool for understanding projectile motion. Physics Education 47(4): 448.
Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the
 concept of diffusion. Journal of Research in Science Teaching, 28(8), 649–660. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280803>
Wuttiprom, S. (2013). A comparison of teaching experiments between videotaped and
 demonstrative approaches in developing scientific concepts about buoyant force. Journal
 of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning 4(1): 7–17. (in Thai)