

การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง USE OF AN INTERACTIVE SIMULATION: PROJECTILE MOTION

ชาญวิทย์ คำเจริญ^{1*} และดารกา พลัง²

Chanwit Kamcharean and Daraka Palang

chanwit_kam@cmru.ac.th and daraka_72@hotmail.com

¹*ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50300
Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiangmai Rajabhat University,
Chiangmai 50300 Thailand

²คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50000
Thailand National Sports University, Chiangmai 50000 Thailand

*corresponding author E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

(Received: September 26, 2019; Revised: November 22, 2019; Accepted: December 3, 2019)

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop an instructional media and to investigate the understanding of the participating students using the interactive simulation media on projectile motion. The target group consisted of 134 Construction Engineering Technology freshmen in the Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, enrolling in the Fundamental Physics course in the first semester of the 2018 academic year. The research instruments included the interactive simulation media on projectile motion which was operated on the website, <https://phet.colorado.edu/en/simulation/projectile-motion>, the projectile motion worksheets, and a semi-structured interview. The research results were that the instructional media was derived and, when it was implemented together with the worksheets, it enabled the students to clearly perceive various patterns of projectile motion as well as to understand about the topic better. The media was convenient to implement in lecture classes, could save instructional media preparation time, did not require payment, and was suitable to use in physics classes. From examining the understanding of the students from their worksheets and the semi-structure interview, it was revealed that they could understand the topic better and perceive the motion more clearly after the instructional media was implement in class. Thus, the media was able to implement in physics classes and could be developed as an instructional media on projectile motion.

Keywords: Interactive Simulation; Physics Education Technology; Projectile Motion

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ พัฒนาสื่อการสอนและตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาที่มีการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 134 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2561 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ซึ่งใช้งานบนเว็บไซต์ <https://phet.colorado.edu/en/simulation/projectile-motion> ใบกิจกรรมประกอบการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลจากการวิจัยได้พัฒนาสื่อการสอนจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

เรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งด้วยการออกแบบใบกิจกรรมประกอบการสอนร่วมกันกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง สามารถแสดงผลให้นักศึกษาเห็นถึงลักษณะการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งในรูปแบบที่แตกต่างกันไปได้อย่างชัดเจน ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้ดีขึ้น เป็นสื่อการสอนที่มีความสะดวกในการสอนในห้องบรรยาย ประหยัดเวลาในการจัดเตรียมสื่อ ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการสอนฟิสิกส์ และจากการตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาจากคำตอบในใบกิจกรรมและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่านักศึกษามีความเข้าใจที่ดีขึ้น มองเห็นภาพการเคลื่อนที่ได้ชัดเจนขึ้น เมื่อมีการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาเป็นสื่อประกอบการสอน ดังนั้นการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถนำไปใช้ในการสอนฟิสิกส์และสามารถนำไปพัฒนาเป็นสื่อการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้

คำสำคัญ: สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เทคโนโลยีฟิสิกส์ศึกษา การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีอิทธิพลในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการการศึกษา คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการบริหาร การจัดการ และการจัดการเรียนการสอน สื่อคอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ [1] และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอน ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ในการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 นั้น เนื้อหาในส่วนแรกเกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญ เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนในเนื้อหาขั้นสูงต่อไปถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาส่วนนี้เป็นอย่างดี ก็จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาขั้นสูงต่อไปได้ สำหรับผู้เรียน ที่มีพื้นฐานความรู้ทางฟิสิกส์ที่ต่างกัน การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้ได้ผลดีนั้นจำเป็นต้องมีสื่อการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน ซึ่งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เป็นสื่อที่มีความสามารถในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับให้ใช้กันอย่างแพร่หลายในการสอนฟิสิกส์ [2], [3]

ในต่างประเทศ มหาวิทยาลัยโคโลราโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำโครงการ The Physics Education Technology (PhET) ซึ่งเป็นโครงการที่นักฟิสิกส์ร่วมมือกับนักพัฒนาระบบ ได้สร้างและพัฒนาสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ขึ้น ซึ่งสามารถใช้งานได้บนเว็บไซต์ [www.phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics](http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics) โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 50 สื่อจำลอง ครอบคลุมเนื้อหาทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับมหาวิทยาลัยและบางสื่อจำลองครอบคลุมเนื้อหาขั้นสูงขึ้นด้วย โดยเนื้อหาในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงแบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม คือ 1) การเคลื่อนที่ 2) งานพลังงานและกำลัง 3) คลื่นเสียง 4) อุณหพลศาสตร์และความร้อน 5) ไฟฟ้า 6) แสงและรังสี 7) ปรากฏการณ์ควอนตัม 8) เคมีฟิสิกส์ และ 9) คณิตศาสตร์ ซึ่งจุดประสงค์หลักของการสร้างสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET มี 2 ประเด็นคือ เพื่อเพิ่มความสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา และ เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET สามารถใช้งานบนเว็บไซต์ได้โดยตรง ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หรือ สามารถดาวน์โหลดติดตั้งไว้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป สำหรับใช้ในกรณีที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET สามารถใช้งานบนโปรแกรมแฟลช (Flash) และใช้ภาษาจาวา (Java) ในการแสดงผลของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และยังใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) หรือ ไอโอเอส (iOS) ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) แท็บเล็ต (Tablet) และไอแพด (I Pad) ได้ การใช้งานสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ในการจัดการเรียนการสอนสามารถใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้เป็นสื่อสาธิตประกอบการบรรยายแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations; ILDs) ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนมองเห็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจน สามารถทำซ้ำได้หลายๆ ครั้งและสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้แสดงผลการสาธิตที่แตกต่างกันได้ [4] หรือ การใช้เป็นสื่อประกอบการทดลอง ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนออกแบบหรือสร้างรูปแบบการทดลองได้ด้วยตัวเอง สามารถทดลองได้หลายๆ ครั้งโดยไม่สิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการทดลองเหมือนการทดลองจริง และสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ยังมีความคล้ายคลึงกับสื่อของจริงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET เช่น สื่อเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Circuit Construction Kit; CCK) สามารถใช้ทดแทนการทดลองด้วยอุปกรณ์ของจริงได้ และทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้โดยไม่แตกต่างจากการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง [5]

การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคือ การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง (Projectile motion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ และมีความยากลำบากในการสาธิตให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจนด้วยการทดลองจริง ในห้องเรียน เพราะไม่สามารถควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ได้ เช่น ลม ขนาดของความเร็วเริ่มต้น มุมในการยิง ตลอดจนไม่สามารถนำข้อมูลจากการทดลองจริงมาทำการวิเคราะห์ได้โดยตรง เพราะการเคลื่อนที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ไม่สามารถจะระบุตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแต่ละช่วงเวลาได้ทันทีจากการทดลองจริง นอกจากนี้จะต้องใช้กล้องถ่ายรูปในการบันทึกภาพ แล้วใช้โปรแกรมในการคำนวณหาตำแหน่ง และเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากภาพที่บันทึกได้จากกล้องถ่ายรูป จึงจะได้ข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ได้ นอกจากนี้แล้วยังมีความยากลำบากในการจัดห้องเรียนสำหรับการสาธิตเพราะต้องใช้พื้นที่ในการสาธิตค่อนข้างกว้างและต้องเตรียมอุปกรณ์หลายอย่างในการสาธิต [6] ดังนั้นการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งจึงมีความสะดวกและเหมาะสมเพราะสามารถสาธิตในห้องเรียนผ่านเครื่องฉายโปรเจกเตอร์ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ในห้องเรียน ผู้เรียนมองเห็นภาพการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน สามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้ชั่วคราว เพื่อบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ที่สามารถแสดงผลได้ในทันทีโดยไม่ต้องใช้กล้องถ่ายรูปหรือโปรแกรมในการคำนวณ และสามารถทำการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่พร้อม ๆ กันได้ในหลายๆ เงื่อนไข นอกจากนี้แล้วยังสามารถปรับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้ ซึ่งการสาธิตจริงไม่สามารถทำได้ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถแสดงผลการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งได้ครอบคลุมในเนื้อหาระดับฟิสิกส์พื้นฐาน จึงทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจน และทำความเข้าใจตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งได้ง่ายขึ้น

จากการที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอนภาคทฤษฎีเพียงคนเดียวในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวนทั้งสิ้น 134 คน ซึ่งรายวิชานี้มีเวลาเรียนภาคทฤษฎีครั้งละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ทำให้การเรียนในห้องเรียนมีปัญหาในการใช้สื่อสาธิตจากการปฏิบัติจริง เพราะมีเวลาเรียนภาคทฤษฎีค่อนข้างน้อยซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือไม่สามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตัวเองหากผู้เรียนไม่ได้มาเรียนในชั่วโมงนั้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาจากข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาพัฒนาเป็นสื่อการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง สำหรับการสอนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบและการใช้งานสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ทำการออกแบบใบกิจกรรมประกอบการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง เพื่อนำมาพัฒนาสื่อการสอน [7] และทำการวิเคราะห์ความเข้าใจของผู้เรียนจากคำตอบในใบกิจกรรม และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนและเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาสื่อการสอนจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

2.2 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งจากคำตอบในใบกิจกรรมและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 134 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยแต่ละห้องเรียนเป็นนักศึกษาที่มีความสามารถแบบคละกัน

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การสอนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

ตัวแปรตาม ความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

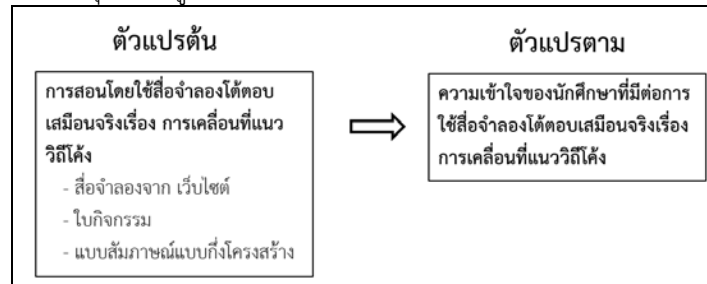
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง มีดังนี้

1. สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง
2. ใบกิจกรรมประกอบการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง
3. แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

3.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยสรุปได้ดัง รูปที่ 1 [8]



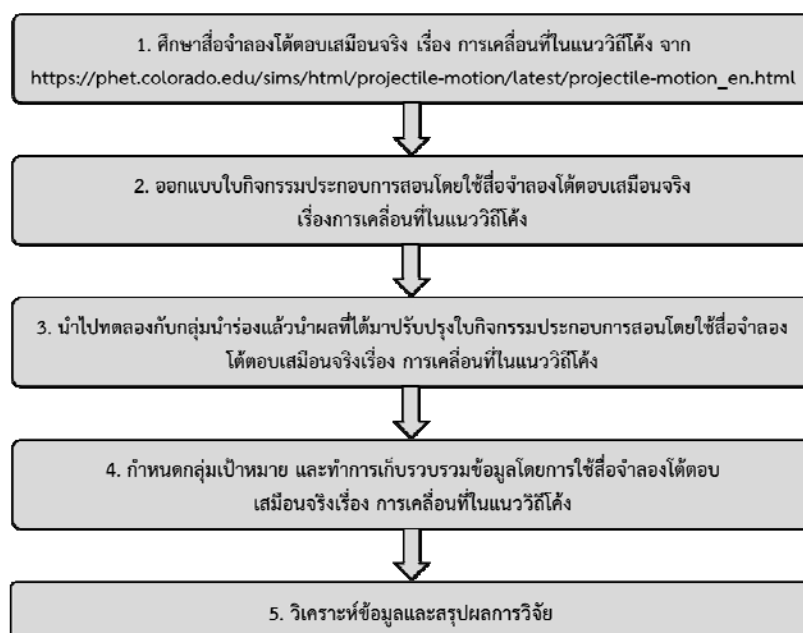
รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

4. การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมาย

เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาที่ผู้วิจัยทำการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยคำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมายโดย ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทราบก่อนทำการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งแจ้งกลุ่มเป้าหมายให้ทราบว่า ผลการวิจัยที่ได้จากกลุ่มเป้าหมายจะถือเป็นความลับและไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนของกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มเป้าหมายสามารถออกจากการทำวิจัยได้ตามความสมัครใจ ผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น ผลการวิจัยจะไม่เปิดเผยชื่อของกลุ่มเป้าหมาย และ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายในระยะเวลา 1 ปี เมื่องานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยดำเนินการตามขั้นตอนดัง รูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำวิจัย

ปุ่มปรับปรับลด-ขยาย ขนาด ได้ 4 ระดับ

ปุ่มแสดงเวลา/ระยะตกในแนวระดับ/ความสูงในแนวตั้ง

แสดงความสูงของฐานยิงมุมในการยิง

ปุ่มเลือกวัตถุในการยิงเลือกได้ 10 ชนิด

ปุ่มปรับมวลของวัตถุที่ยิง

ปุ่มปรับทิศทางมุมจากของตั้งอยู่

ปุ่มปรับอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงปรับได้ ตั้งแต่ 5 m/s² - 20 m/s²

ปุ่มเลือกความเร็วในการแสดงผลการยิง

ปุ่มตั้งค่าใหม่ในการยิง

ปุ่มแสดงผลการยิงเป็นช่วง

ปุ่มหยุดการเคลื่อนที่

ปุ่มลบผลการยิง

ปุ่มยิง

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้นำไปทดลองกับกลุ่มนักร้อง ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง (ภาคพิเศษ) จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน จากผลการทดลองกับกลุ่มนักร้อง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงใบกิจกรรมให้มีความเหมาะสมและมีการตรวจสอบด้วยการให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมาแล้วจำนวน 3 ท่านประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง (Index of Congruence: IOC) ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.78 แปลความหมายได้ว่า สามารถใช้ได้ ซึ่งทำให้ได้ ใบกิจกรรมประกอบการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง ซึ่งตัวอย่างคำถามในใบกิจกรรมดังแสดงในรูปที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยทำการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 134 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

ขั้นตอนที่ 5 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำตอบในใบกิจกรรมและทำการสัมภาษณ์นักศึกษาบางคนด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อทำการยืนยันคำตอบในใบกิจกรรมสำหรับกรณีที่คำตอบของนักศึกษาค้นดังกล่าวเขียนตอบไม่ชัดเจน เพื่อนำผลที่ได้มาสรุปเป็นความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

6. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยโดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลจากคำตอบของใบกิจกรรมประกอบการสอนด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ซึ่งประกอบไปด้วยคำถามทั้งหมดจำนวน 3 ตอนและ ผลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

6.1 ผลจากคำตอบของใบกิจกรรมตอนที่ 1

คำถามตอนที่ 1 มีทั้งหมด 4 ข้อ เป็นคำถามเกี่ยวกับความเข้าใจโดยทั่วไปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง โดยข้อ 1 เป็นคำถามเรื่องความหมายและลักษณะของการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ข้อ 2 ให้ยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ข้อ 3 ให้ระบุตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง และ ข้อ 4 ให้ระบุตัวแปรแต่ละตัวแปรว่ามีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งอย่างไร ซึ่งผลการตอบจากใบกิจกรรมแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการตอบคำถามเกี่ยวกับความเข้าใจโดยทั่วไปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

ห้อง	N	จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (%)			
		ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4
1	34	27 (79.41)	23 (67.65)	20 (58.82)	18 (52.94)
2	29	22 (75.86)	20 (68.97)	19 (65.52)	17 (58.62)
3	30	23 (76.67)	27 (90.00)	20 (66.67)	14 (46.67)
4	41	30 (73.17)	31 (75.61)	29 (70.73)	25 (60.98)
รวม	134	102 (76.12)	101 (75.37)	88 (65.67)	74 (55.22)

จากจำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในแต่ละข้อ ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 50.00% ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งค่อนข้างดี มีเฉพาะข้อที่ 4 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง นักศึกษาตอบถูกน้อยกว่า 50.00% และจากคำตอบที่นักศึกษาตอบผิดพลาดว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมวลของวัตถุที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

6.2 ผลจากคำตอบของใบกิจกรรมตอนที่ 2

คำถามตอนที่ 2 มีทั้งหมด 4 ข้อ เป็นคำถามเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งโดยมีการกระจัดในแนวตั้งเท่ากับศูนย์ ตัวอย่างการแสดงผลการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างเส้นทางการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวตั้งเท่ากับศูนย์จากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

โดยคำถาม ข้อ 1 และ ข้อ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับการเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมาก ซึ่ง ข้อ 1 เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็วต้นเท่ากันคือ 30 เมตร/วินาที โดยให้เปรียบเทียบมุมยิงที่ทำกับแนวระดับจำนวน 3 ค่าคือ 60° 45° และ 30° ซึ่งข้อ 1.1 เรียงลำดับระยะที่ตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับ ข้อ 1.2 เรียงลำดับระยะสูงสุดในแนวดิ่ง ข้อ 1.3 เรียงลำดับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และข้อ 2 เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยมุมยิงที่ทำกับแนวระดับเท่ากันคือ 60° โดยเปรียบเทียบความเร็วต้นจำนวน 3 ค่าคือ 10 เมตร/วินาที 20 เมตร/วินาที และ 30 เมตร/วินาที ซึ่งข้อ 2.1 เรียงลำดับระยะที่ตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับ ข้อ 2.2 เรียงลำดับระยะสูงสุดในแนวดิ่ง ข้อ 2.3 เรียงลำดับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ข้อ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับมุมที่ยิงด้วยความเร็วต้นเท่ากัน มุมใดทำให้วัตถุตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับมากที่สุด และ ข้อ 4 เป็นคำถามเกี่ยวกับการยิงวัตถุสองครั้งด้วยความเร็วต้นเท่ากัน มุมใดที่ทำให้วัตถุตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับเป็นระยะทางที่เท่ากัน ผลการตอบจากใบกิจกรรมแสดงในตารางที่ 2

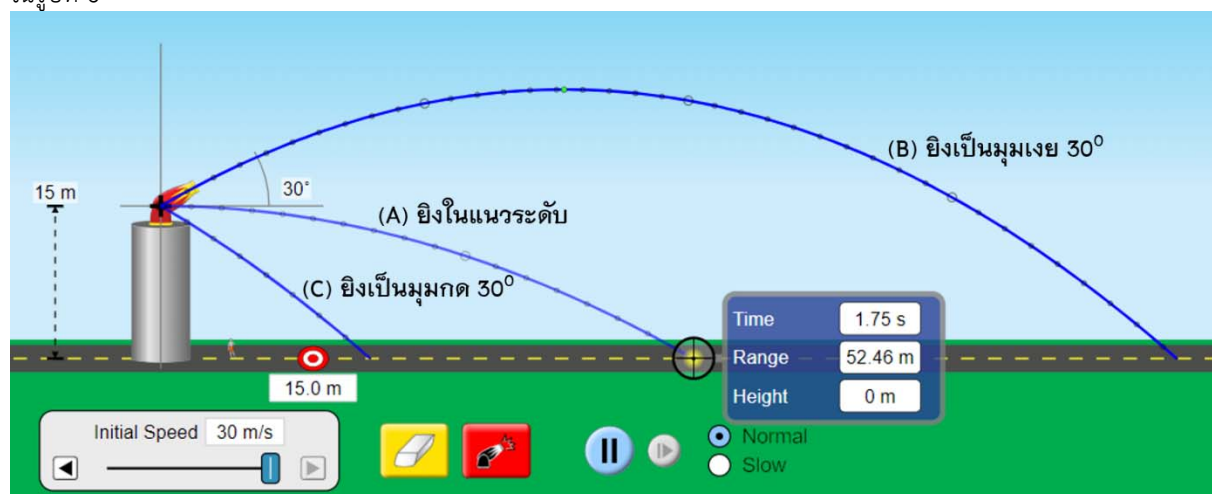
ตารางที่ 2 แสดงผลการตอบคำถามเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวดิ่งเท่ากับศูนย์

ห้อง	N	จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (%)							
		ข้อที่ 1			ข้อที่ 2			ข้อที่ 3	ข้อที่ 4
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3		
1	34	10 (29.41)	33 (97.06)	30 (88.24)	25 (73.53)	25 (73.53)	30 (88.24)	22 (64.71)	26 (76.47)
2	29	14 (48.28)	23 (79.31)	22 (75.86)	26 (89.66)	22 (75.86)	21 (72.41)	25 (86.21)	24 (82.76)
3	30	4 (13.33)	23 (76.67)	18 (60.00)	23 (76.67)	22 (73.33)	19 (63.33)	16 (53.33)	11 (36.67)
4	41	21 (51.22)	30 (73.17)	27 (65.85)	39 (65.12)	34 (82.93)	32 (78.05)	33 (80.49)	21 (51.22)
รวม	134	49 (36.57)	109 (81.34)	97 (72.39)	113 (84.33)	103 (76.87)	102 (76.12)	96 (71.64)	82 (61.19)

จากจำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกน้อยกว่า 50.00% ในแต่ละข้อที่ 1.1 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับมุมในการยิงวัตถุในแนววิถีโค้ง นักศึกษายังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่ว่า มุมที่มีค่าน้อยที่สุด (30°) จะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดในแนวระดับ โดยไม่ได้พิจารณาอัตราเร็วเริ่มต้นในการยิงร่วมด้วย ซึ่งมีผลต่อเนื่องทำให้นักศึกษาตอบผิดในข้อที่ 4 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับมุมที่ยิงด้วยอัตราเร็วเท่ากันแล้วสามารถตกไกลจากจุดยิงเท่ากันได้ คือมุม 30° และ มุม 60° ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักศึกษายังไม่ได้พิจารณามุมในการยิงร่วมกับอัตราเร็วเริ่มต้นในการยิง

6.3 ผลจากคำตอบของใบกิจกรรมตอนที่ 3

คำถามตอนที่ 3 มีทั้งหมด 3 ข้อ เป็นคำถามเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 เมตร ซึ่งมีการยิง 3 กรณี คือ (A) ยิงในแนวระดับ (B) ยิงเป็นมุมเงย 30° และ (C) ยิงเป็นมุมกด 30° โดยยิงด้วยความเร็วต้นเท่ากันคือ 30 เมตร/วินาที ตัวอย่างการแสดงผลการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งจากสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างเส้นทางการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวดิ่งเท่ากับ 20 เมตร จากสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง

โดยคำถาม ข้อ 1 ถามเวลาที่วัตถุทั้งสามกรณีตกลงถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ ถ้าไม่พร้อมให้เรียงลำดับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จนตกลงถึงพื้นจาก น้อยไปมาก ข้อ 2 ถามตำแหน่งที่ตกลงถึงพื้นทั้งสามกรณี ตกถึงพื้นที่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ ถ้าตกลงคนละตำแหน่งให้เรียงลำดับระยะตกในแนวระดับจากจุดยิงจาก น้อยไปมาก และ ข้อ 3 ถามถึงปัจจัยที่มีผลต่อ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จนตกลงถึงพื้นและ ระยะที่ตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับ ผลการตอบจากใบกิจกรรมแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการตอบคำถามเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวดิ่งเท่ากับ 20 เมตร

ห้อง	N	จำนวนนักศึกษาที่ตอบ (%)						
		ข้อ 1				ข้อ 2		ข้อ 3
		ตกพร้อมกัน	ตกไม่พร้อมกัน		ตกตำแหน่งเดียวกัน	ตกคนละตำแหน่ง		ตอบถูก
			ลำดับถูก	ลำดับผิด		ลำดับถูก	ลำดับผิด	
1	34	0 (0.00)	29 (85.29)	5 (14.71)	0 (0.00)	19 (59.38)	15 (40.62)	34 (100.00)
2	29	0 (0.00)	17 (56.62)	12 (43.38)	0 (0.00)	25 (86.20)	4 (13.80)	29 (100.00)
3	30	0 (0.00)	26 (86.67)	4 (13.33)	3 (10.00)	20 (66.67)	7 (23.33)	21 (71.00)
4	41	3 (7.32)	24 (58.53)	14 (34.15)	5 (12.20)	16 (39.02)	20 (48.78)	23 (56.09)
รวม	134	3 (2.24)	96 (71.64)	35 (26.12)	8 (5.97)	80 (59.70)	46 (34.33)	107 (79.85)

จากจำนวนนักศึกษาที่ตอบในข้อที่ 1 ซึ่งเป็นคำถามให้เปรียบเทียบเวลาในการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งทั้ง 3 กรณี (ยิงในแนวระดับ ยิงเป็นมุมยก และ ยิงเป็นมุมกด ด้วยมุม 30° เท่ากัน) พบว่า นักศึกษาตอบถูกเกือบทั้งหมดว่า วัตถุทั้งสามกรณีตกไม่พร้อมกัน แต่ยังไม่สามารถเรียงลำดับเวลาในการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเรียงลำดับตำแหน่งในการตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับจากคำถามในข้อที่ 2 ซึ่งพบว่า ถ้านักศึกษาเรียงลำดับเวลาไม่ถูกต้อง ก็จะเรียงลำดับตำแหน่งในการตกไม่ถูกต้องด้วยเช่นกัน

6.4 ผลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

จากผลการตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการเลือกนักศึกษากลุ่มเป้าหมายเพื่อทำการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยพิจารณาจากคำถามที่มีนักศึกษาตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 เพื่อยืนยันความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการสอนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยแบ่งผลการสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ตอนตามคำถามในใบกิจกรรม

คำถามตอนที่ 1 ข้อที่ 4 ทำการสัมภาษณ์นักศึกษาห้อง 3 จำนวน 10 คน ผลจากการสัมภาษณ์ นักศึกษาที่ตอบผิดส่วนใหญ่ระบุตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งคือ มวลของวัตถุโดยระบุว่า วัตถุที่มีมวลมากจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า และวัตถุที่มีมวลน้อยกว่าจะสามารถเคลื่อนที่ไปตกในแนวระดับได้ไกลกว่าวัตถุที่มีมวลมาก นอกจากนี้แล้ว นักศึกษาบางคนยังระบุว่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง มีผลต่อการเคลื่อนที่ในแนวระดับทำให้ความเร็วในแนวระดับมีการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากขึ้นจนกระทั่งวัตถุตกกลับลงมายังพื้นดิน

คำถามตอนที่ 2 ข้อที่ 1.1 ทำการสัมภาษณ์นักศึกษาห้อง 1 จำนวน 5 คน นักศึกษาห้อง 2 จำนวน 7 คน และนักศึกษาห้อง 3 จำนวน 3 คน ผลจากการสัมภาษณ์ นักศึกษาที่ตอบผิดระบุว่า การยิงด้วยอัตราเร็วเริ่มต้นเท่ากันคือ 30 เมตร/วินาที มุมที่มีค่าน้อยที่สุดคือ 30° จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดในแนวระดับ และ การยิงด้วยมุม 60° วัตถุจะตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับได้ไกลกว่าการยิงด้วยมุม 45° ซึ่งนักศึกษามีความคิดว่ามุมที่มีค่ามากจะตกได้ไกลกว่ามุมที่มีค่าน้อยกว่าเสมอ คำถามข้อที่ 4 นักศึกษาระบุว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่า มีมุมคู่ใดที่มีระยะตกไกลจากจุดยิงเท่ากันเพราะนักศึกษายังคงยืนยันแนวคิดเดิมว่า มุมมีผลต่อระยะตกไกลจากจุดยิง ดังนั้น จึงไม่มีมุมคู่ใดที่จะสามารถยิงด้วยความเร็วต้นเท่ากันแล้วจะสามารถตกไกลจากจุดยิงได้ในระยะที่เท่ากันได้

คำถามตอนที่ 3 ข้อ 1 ทำการสัมภาษณ์นักศึกษาห้อง 4 จำนวน 3 คน นักศึกษาที่ตอบผิดระบุว่า การยิงทั้ง 3 กรณียิงจากที่สูงเท่ากัน 15 เมตร ดังนั้น ไม่ว่า จะยิงในแนวระดับ ยิงเป็นมุมยก หรือ ยิงเป็นมุมกด ด้วยมุม 30° เท่ากัน วัตถุทั้ง 3 กรณีก็จะตกลงถึงพื้นพร้อมกัน ซึ่งเวลาในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับระยะกระจัดตามแนวดิ่ง เหมือนกับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง นอกจากนี้แล้วนักศึกษาบางคน ระบุว่า การยิงเป็นมุมยกกับการยิงในแนวระดับจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่เท่ากัน เพราะความเร่งในแนวดิ่งไม่มีผลต่อระยะเวลาในการเคลื่อนที่ถ้าวัตถุมีการกระจัดในแนวดิ่งเท่ากันคือ 15 เมตร คำถามข้อ 2 ทำการสัมภาษณ์นักศึกษาห้อง 3 จำนวน 12 คน และ นักศึกษาห้อง 4 จำนวน 15 คน นักศึกษาส่วนใหญ่ระบุว่า การยิงเป็นมุมยก วัตถุจะตกไกลกับจุดยิงมากที่สุด เพราะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากที่สุด ทำให้เคลื่อนที่ได้สูงที่สุด (เคลื่อนที่ “โค้ง” ที่สุด) จึงทำให้ระยะตกในแนวระดับมีค่าน้อยที่สุด และ การยิงเป็นมุมกดกับการยิงเป็นมุมยก ด้วยมุมเท่ากันคือ 30° จะทำให้ตกไกลจาก

จุดยิ่งได้เท่ากัน ซึ่งนักศึกษาให้เหตุผลว่า เมื่อมุมในการยิงเป็นมุมก่อกับมุมเงยเท่ากัน ระยะที่ตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับก็จะมีความเท่ากันด้วย

7. สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาสื่อการสอนจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ได้สื่อการสอนที่ใช้ร่วมกับใบกิจกรรมประกอบการสอน ที่ได้ออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ช่วยให้นักศึกษาเห็นลักษณะการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้ชัดเจนเป็นรูปธรรมขึ้น โดยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ อีกทั้งยังสามารถหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ทุกขณะ สามารถใช้เครื่องมือในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการวัดระยะทางทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ จับเวลาในการเคลื่อนที่ นักศึกษาสามารถระบุค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ทำให้นักศึกษาสามารถคำนวณค่าของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงยังสามารถแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่พร้อมกันได้หลายๆ ค่า ทำให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของการทดลองโดยใช้ความเร็วต้น มุมที่กำกับแนวระดับที่แตกต่างกันได้ ตามขั้นตอนของการทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม นอกจากนี้แล้ว นักศึกษายังสามารถใช้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) แท็บเล็ต (Tablet) และไอแพด (I Pad) ในการทดลองหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสะดวก สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนร่วมกับใบกิจกรรมเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

2. การตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งจากใบกิจกรรมและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักศึกษาโดยรวมพบว่า นักศึกษาตอบคำถามได้ถูกต้องเกิน 50% ในทุกข้อ ยกเว้น คำถามตอนที่ 2 ข้อ 1.1 ซึ่งมีนักศึกษาคิดตอบถูกคิดเป็น 36.57% แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีส่วนใหญ่มองมีความเข้าใจที่ถูกต้อง เมื่อใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ในการจัดการเรียนการสอน และผลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างพบว่า นักศึกษามีความเข้าใจที่มากขึ้นในภาพรวมกว่าการเรียนการสอนที่ไม่ได้ใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และนักศึกษามีความพึงพอใจมากต่อการเรียนการสอนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

8. อภิปรายผลการวิจัย

8.1 ผลจากการพัฒนาสื่อการสอนจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

เมื่อพิจารณาจากการใช้ใบกิจกรรมประกอบกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งพบว่า ใบกิจกรรมมีความเหมาะสมในการใช้ประกอบกับสื่อจำลอง เพราะสามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนทุกกรณีของการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ทำให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งในแต่ละกรณีได้อย่างชัดเจน สามารถพิจารณาความแตกต่างและเปรียบเทียบตัวแปรในการเคลื่อนที่ในแต่ละกรณีได้ อีกทั้งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ยังสามารถจำลองสถานการณ์ที่ไม่ได้สามารถทำได้จริงจากการทดลองจริงได้ เช่น การเปลี่ยนเงื่อนไขของแรงต้านอากาศ ซึ่งสามารถเป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งในระดับสูงขึ้นไป

8.2 ผลจากการตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง

เมื่อพิจารณาผลจากการตอบคำถามในใบกิจกรรมแต่ละตอนพบว่า ผลการวิเคราะห์คำตอบในใบกิจกรรมตอนที่ 1 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับความเข้าใจโดยทั่วไปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง โดยรวมพบว่า นักศึกษาตอบคำถามถูกมากกว่า 50.00% ในทุกข้อ ยกเว้นคำถามข้อ 4 ที่นักศึกษาหาคำตอบถูก 46.67% ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักศึกษาค้นพบว่า นักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า มวลมีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dilber, Karaman และ Duzgun [9] ที่ค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า วัตถุที่มีขนาดใหญ่ (มวลมาก) จะเคลื่อนที่ตกถึงพื้นก่อน (ใช้เวลาน้อยกว่า) วัตถุที่มีขนาดเล็ก (มวลน้อย) และเมื่อทำการสัมภาษณ์ แล้วทำการแสดงการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งโดยเปลี่ยนวัตถุให้มีรูปร่างและขนาดของมวลต่างๆ กัน แต่กำหนดให้มีความเร็วเริ่มต้นเท่ากัน มุมในการเคลื่อนที่เริ่มต้นเท่ากันแล้วแสดงให้นักศึกษาสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ ก็พบว่า นักศึกษาเข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น สามารถสังเกตและระบุได้ว่า มวลไม่มีผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งเมื่อไม่พิจารณาแรงต้านอากาศ แสดงให้เห็นว่า การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงทำให้นักศึกษาเห็นภาพการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้ชัดเจนและมีความสะดวกในการเปลี่ยนเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ซึ่งได้ผล

คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Jimoyiannis และ Komis [10] ที่ระบุว่า การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากคอมพิวเตอร์ในเรื่องการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้ง ช่วยปรับเปลี่ยนแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้

ผลการวิเคราะห์คำตอบในใบกิจกรรมตอนที่ 2 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งโดยมีการเปรียบเทียบกับระยะตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับ ระยะสูงสุดในแนวโค้ง และ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เมื่อมีการเปลี่ยนความเร็วต้นและมุมในการยิง คำถามที่นักศึกษาตอบถูกน้อยกว่า 50.00% คือ คำถามข้อ 1.1 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับระยะตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับและจากผลการสัมภาษณ์ระบุได้ว่า นักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อเพิ่มความเร็วให้มากขึ้นก็จะทำให้วัตถุตกได้ไกลจากจุดยิงในแนวระดับมากขึ้นด้วยโดยนักศึกษาไม่ได้พิจารณามุมในการยิงร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยของ Jimoyiannis และ Komis [10] ที่ค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า วัตถุที่เคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีความเร็วมากจะเคลื่อนที่ได้ไกลกว่าและใช้เวลามากกว่าวัตถุที่มีความเร็วต่ำกว่า และคำถามข้อ 4 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วต้นเท่ากัน มุมคู่ใดที่ทำให้วัตถุตกห่างจากจุดยิงเท่ากัน คำถามข้อนี้ นักศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนตรีโกณมิติที่ว่า มุมคู่ที่รวมกันได้ 90° อัตราส่วน $\sin$ และ $\cos$ ของมุมคู่นี้จะมีค่าสลับกัน เช่น มุม 30° และ มุม 60° จะได้ความสัมพันธ์ว่า $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ$ และ $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ$ ซึ่งทำให้ เมื่อยิงวัตถุด้วยมุมสองค่านี้ด้วยความเร็วต้นเท่ากัน จะทำให้ระยะที่ตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับเท่ากันด้วย เพราะระยะที่ตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับนั้นขึ้นอยู่กับค่า $\sin 2\theta$ ซึ่งค่า $\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$ จึงทำให้มุมสองค่านี้มีระยะที่ตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับเท่ากัน เมื่อยิงด้วยความเร็วต้นเท่ากัน ซึ่งเรื่องนี้เป็นเรื่องที่นักศึกษาละเลยในการคำนวณ แต่เมื่อใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ให้นักศึกษาดูก็ทำให้นักศึกษาเข้าใจและเห็นภาพการเคลื่อนที่ และเปรียบเทียบระยะตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับได้ชัดเจนขึ้น

นอกจากนี้แล้ว สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนยังสามารถแสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ด้วยมุมหลายๆ ค่าได้ ทำให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบระยะตกห่างจากจุดยิงในแนวระดับได้เด่น ซึ่งเป็นข้อดีของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่การทดลองจริงทำได้ค่อนข้างยากในการกำหนดมุมในการยิงและการควบคุมความเร็วเริ่มต้นในการยิงให้เท่ากันทุกครั้ง และการทดลองจริงต้องใช้อุปกรณ์ที่ค่อนข้างยุ่งยากเช่นการใช้กล้องบันทึกภาพและโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผลการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงนี้ได้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jimoyiannis และ Komis [10] ที่ค้นพบว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากคอมพิวเตอร์สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริง เป็นสื่อทางเลือกที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์จริงได้ดีขึ้น

ผลการวิเคราะห์คำตอบในใบกิจกรรมตอนที่ 3 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งที่มีการกระจัดในแนวโค้งเท่ากับ 15 เมตร โดยมีการยิง 3 กรณีคือ ยิงในแนวระดับ ยิงเป็นมุมเฉย และยิงเป็นมุมกด และผลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่า สาเหตุที่นักศึกษาส่วนใหญ่ตอบผิดพลาด นักศึกษาไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการยิงในแต่ละกรณีได้ว่าความเร็วตอนเริ่มต้นในการยิงในแนวระดับ และแนวโค้งของแต่ละกรณีเป็นอย่างไร ทำให้นักศึกษาคาดเดาผิดและเรียงลำดับของตำแหน่งในการตกไกลจากจุดยิงในแนวระดับผิดพลาด แต่เมื่อให้นักศึกษาดูการเคลื่อนที่จากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงอีกครั้งพร้อมกับการอธิบายเพิ่มเติมจากผู้สอน ในขณะทำการสัมภาษณ์ ก็ค้นพบว่า นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจเส้นทางการเคลื่อนที่ในแต่ละกรณีได้ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งเป็นผลจากการที่สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถแสดงข้อมูลการเคลื่อนที่ในแต่ละตำแหน่งได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ผู้สอนต้องอธิบายเชื่อมโยงถึงการเคลื่อนที่ในแนวโค้งเมื่อความเร็วเริ่มต้นเป็นศูนย์ ความเร็วเริ่มต้นมีทิศขึ้น และความเร็วเริ่มต้นมีทิศลง และเครื่องหมายของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุในแนวโค้ง นักศึกษาจึงจะสามารถทำความเข้าใจเส้นทางการเคลื่อนที่ในแต่ละกรณีได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ McKagan และคณะ [11] ที่ระบุว่า การอธิบายให้คำอธิบายเพิ่มเติมกับผู้เรียนขณะทำการศึกษาดูสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและสามารถทำความเข้าใจได้ดีกว่าการให้ผู้เรียนศึกษาจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงแต่เพียงอย่างเดียว

ผลการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ช่วยให้ผู้วิจัยได้รู้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการยืนยันแนวคิดของผู้เรียนที่ใช้ในการตอบคำถามในใบกิจกรรม คำถามในการสัมภาษณ์มีการปรับเปลี่ยนไปตามบริบทของคำตอบของผู้เรียนแต่ละคนว่าคำตอบในคำถามแรกเป็นอย่างไร คำถามต่อมาควรถามไปในแนวทางใด จึงทำให้ต้องใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างในการสัมภาษณ์ผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนคำถามในการสัมภาษณ์ตามแนวทางของ William ที่ระบุไว้ในหนังสือ Handbook of Practical Program Evaluation [12]

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ห้องเรียนจะต้องมีอุปกรณ์แสดงผลจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เช่น เครื่องฉายโปรเจกเตอร์ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ในห้องเรียน ซึ่งในห้องเรียนส่วนใหญ่มีอุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์พื้นฐานอยู่แล้ว
2. ผู้เรียนต้องมีอุปกรณ์สำหรับใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเช่น คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) แท็บเล็ต (Tablet) และไอแพด (I Pad) จะช่วยให้ผู้เรียนสะดวกในการเรียนด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น
3. การเรียนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง สามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้เป็นแบบเรียนสำเร็จรูป การทำเป็นบททดลองเสมือนจริง หรือ การมอบหมายให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง ได้ ซึ่งใบกิจกรรมที่ใช้ประกอบกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ
4. ผู้สนใจสามารถนำไปเผยแพร่เพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้

9.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มเงื่อนไขในการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งในใบกิจกรรม เช่น การเปลี่ยนค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเป็นค่าอื่น เพื่อให้ผู้เรียนได้พิจารณาว่า ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีผลต่อการเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง ซึ่งในการทดลองจริงไม่สามารถทำได้ แต่ในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถปรับเปลี่ยนค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้
2. ควรมีการวิจัยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในหัวข้ออื่นๆ ด้วยเพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อต่างๆ
3. ควรมีการวิจัยสภาพปัญหาและผลกระทบจากการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอน เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาแบบการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ศฟ.) สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้ และมูลนิธิ NSF และ สถาบัน Kavli ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการจัดทำโครงการ The Physics Education Technology (PhET) ของมหาวิทยาลัยโคโลราโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้จัดทำและพัฒนาสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงขึ้น ซึ่งสามารถดาวน์โหลดหรือใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายบนเว็บไซต์ [www://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics](http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Suvarna K.G., Sandhya D.G. and Chanakya P. (2015). Augmented Reality in Enriching Qualitative Education. **International Journal of Computer Application**, 132(14), p.41-45.
- [2] Adams W. K., et al. 2008. A Study of Educational Simulations Part I - Engagement and Learning. **Journal of Interactive Learning Research**, 19(3), p.1-33.
- [3] Adams W. K., et al. 2008. A Study of Educational Simulations Part II - Engagement and Learning. **Journal of Interactive Learning Research**, 19(4), p.1-38.
- [4] Perkins K., et al. 2006. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. **The Physics Teacher**, 44(18), p.18-23.
- [5] Finkelstein N. D., et al. 2005. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics – Physics Education Research** 1, 010103, p.1-8.

- [6] Martin-Ramos P., Silva M.R. and Pereira da Silva P.S. 2017. Smartphones in the teaching of Physics Laws: Projectile motion. **Revista Iberoamericana de Educación a Distancia**, 20(2), p.213-230.
- [7] Ukwumonu A.J., Mbela I.A. and Song L.A. 2015. Spreadsheet Simulation for Demonstrating Projectile Motion. **International Journal of Management Science**, 6(1), p.32-38.
- [8] Adom D., Hussein E.K. and Agyem J.A. 2018. Theoretical and Conceptual Framework: Mandatory Ingredients of a Quality Research. **International Journal of Scientific Research**, 7(1), p.438-441.
- [9] Dilber R., Karaman I. and Duzgun B. 2009. High school students' understanding of projectile motion concept. **Educational Research and Evaluation**, 15(3), p.203-222.
- [10] Jimoyiannis A. & Komis V. 2001. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. **Computer&Education**, 36, p.183-204.
- [11] McKagan S.B., et al. 2008. Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics. **American Journal of Physics**, 76(406), p.406-417.
- [12] Adams W.C. 2015. **Handbook of Practical program Evaluation**. San Francisco: Jossey-Bass.