การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง

THE DEVELOPMENT OF MECHANICS EXPERIMENT PACKAGE FOR MATTAYOM 4 STUDENT IN PHATTHALUNG SCHOOL

ผู้วิจัย เรวดี มานุ้ย[1]

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อนุมัติ เดชนะ[2]

ดร.สธน เสนาสวัสดิ์[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิตของโรงเรียนพัทลุง ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ที่ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พร้อมคู่มือการใช้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน (t-test dependent)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 2) ชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่างๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

คำสำคัญ : ชุดทดลองกลศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

---

[1] นักศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

[2] อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

[3] อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ABSTRACT

The objective of this research were 1) to develop mechanics experiment package for matthayom 4 students 2) to study the educational efficiency of mechanics experiment package by the 80/80 efficiency index and 3) to compare the efficiency between pretest and posttest by using mechanics experiment package. The sample for the study was matthayom 4 students who were studying in Science–Math Program of Phatthalung school in 2013. There were 30 students who were selected by the purposive sampling. Equipments of study were mechanics experiment package for matthayom 4 students with user manual and the test. The statistics for this thesis were Mean, Standard Deviation : S.D., statistics to find the educational efficiency and t–test dependent.

The results of the research found that the quality of mechanics experiment package and the user manual was excellent, the educational efficiency of mechanics experiment package was 80.33/81.11 and the educational efficiency of posttest is better than pretest. Therefore, The mechanics experiment package can be used for efficiency improvement mechanics–learning in other schools.

Keywords : Mechanics Experiment Package, Achievement

บทนำ

การศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ผู้ได้รับการศึกษาจึงเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพและเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) หากพิจารณาความเจริญของประเทศที่เป็นผู้นำระดับโลกไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจหรือด้านการทหาร ล้วนแล้วแต่มีรากฐานความเจริญมาจากความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาตัวเองตามศักยภาพตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ.2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตัวเองมากที่สุด ครูผู้สอนและผู้จัดการศึกษาจะต้องเปลี่ยนแปลงบทบาทจากการเป็นผู้นำ ผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้ช่วยเหลือส่งเสริมสนับสนุนผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็นทำเป็น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544)

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันพบว่า นักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทำข้อสอบภาคทฤษฎีได้ดี แต่แทบจะทำข้อสอบภาคปฏิบัติประเภทนำความรู้มาใช้และกระบวนการคิดแก้ปัญหาไม่ค่อยได้ เขียนอธิบายไม่ค่อยเป็น อาจเนื่องมาจากปัญหาด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนฝึกท่องจำสูตร มิได้ปลูกฝังให้มีกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา เนื่องจากการเร่งสอนเนื้อหาให้ได้มากที่สุดเพื่อมุ่งการสอบเข้ามหาวิทยาลัย เป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การเรียนวิทยาศาสตร์จึงมีการทดลองเป็นพื้นฐานสำคัญ เพื่อนำไปสู่หลักการและทฤษฎี วิธีสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Bybee *et al.,* 2006) ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ การเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนไม่เน้นการใช้สื่อการสอน หรือใช้สื่อที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ และแสดงผลได้ไม่ชัดเจน จากสภาพปัญหาดังกล่าวการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนทำให้ครูสามารถใช้สื่อการสอนที่มีคุณภาพและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะ และสามารถสร้างองค์ความรู้จากสื่อที่เรียนได้ เนื่องจากการใช้สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม และสื่อช่วยเชื่อมโยงความเป็นรูปธรรมกับนามธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องราวที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการใช้สื่อการเรียนการสอนที่เป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และชุดการทดลองต่างๆ จึงมีบทบาทอย่างมากในการส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนเพิ่มมากขึ้น สามารถถ่ายทอดความรู้และสามารถประยุกต์หลักการสู่สถานการณ์ใหม่ๆ ได้ (วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์, 2552) ซึ่งพรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล (2548) ได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งและจัดว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยีจะไปไม่ได้ไกลถ้าขาดความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ จากผลการสอบโอเน็ตของโรงเรียนพัทลุงตั้งแต่ปี 2551–2554 มีระดับคะแนนเฉลี่ย 38.24, 34.73, 34.58, และ 32.43 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในสาระแรงและการเคลื่อนที่ในปี 2554 มีคะแนนเฉลี่ย 24.26 ผลที่เกิดขึ้นเป็นเพราะธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ที่เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นลักษณะนามธรรม ไม่สามารถเห็นภาพในเชิงประจักษ์ได้ ทำให้ครูจัดการเรียนการสอนได้ยาก (มนต์ชัย สิทธิจันทร์, 2547)

การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีการเรียนปฏิบัติการทดลองควบคู่ไปกับการเรียนทฤษฎีและหลักการ วิธีการเรียนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองนั้นจะทำให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองได้มากที่สุดและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และจะเป็นสิ่งที่นำผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้อย่างแท้จริง (ชูจิต สาระภาค, 2547) แต่เนื่องอุปกรณ์การทดลองทางฟิสิกส์

มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งต้องสั่งซื้อทำให้เกิดความสิ้นเปลือง และไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ทำให้โรงเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน การสร้างชุดอุปกรณ์อย่างง่ายจะช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในทางฟิสิกส์ (Nuri Balta, 2012) และการใช้ชุดทดลองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากขึ้น (Tracy Hood, 2012)

การพัฒนาชุดทดลองสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาและพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง เพื่อเป็นสื่อในการเรียนซึ่งจะมีผลต่อนักเรียนที่จะเรียนในระดับสูงต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

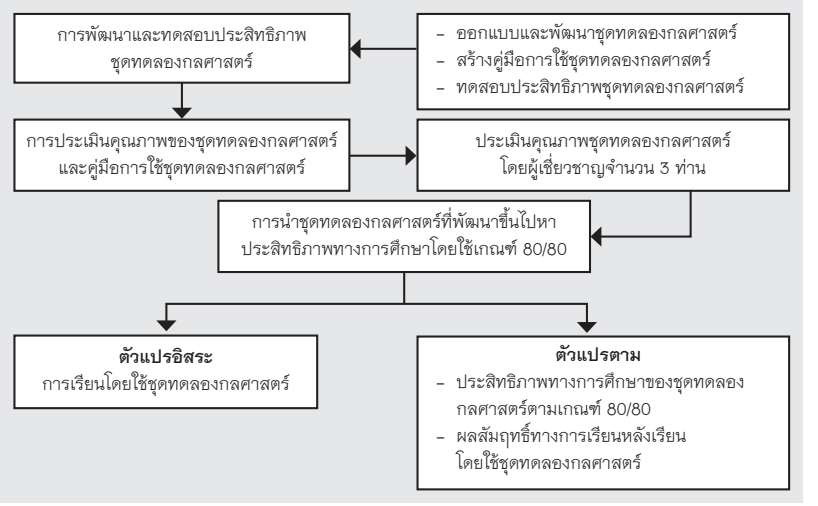
1. เพื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานในการวิจัย

1. ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

แนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองกลศาสตร์ ประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้ และนำชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปหาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมรายวิชากลศาสตร์ 1 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองพร้อมคู่มือการใช้ เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ และเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ จำนวน 3 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 ผลของความสูงต่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 2 ผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งของระบบ

การทดลองที่ 3 ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ

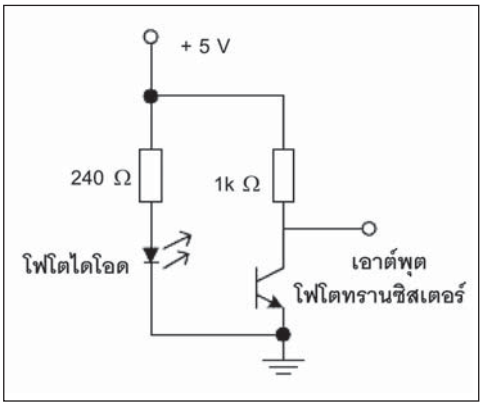
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ตอนคือ

1. การพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองกลศาสตร์ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2) ออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดลอง โดยในการสร้างชุดทดลองกลศาสตร์ครั้งนี้ ดำเนินการสร้างชุดเครื่องจับเวลา ซึ่งนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในการทดลองรายวิชากลศาสตร์ 1 ชุดเครื่องจับเวลาที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ โฟโตเกท และกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยกำหนดวัสดุ–อุปกรณ์ ในการสร้างให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ดังนี้

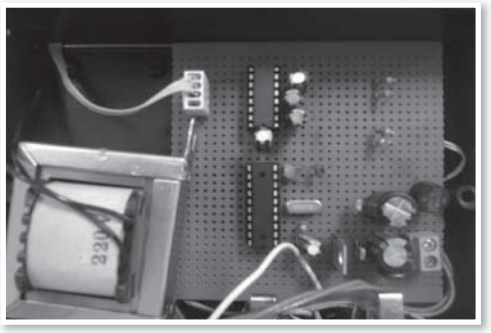
2.1) โฟโตเกท เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ โดยมีวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโฟโตเกท ประกอบด้วย แผ่นอะคริลิกสีดำหนา 2 mm, น้ำยาเชื่อมอะคริลิก, โฟโตไดโอด 5 mm, โฟโตทรานซิสเตอร์ 5 mm, สายไฟ, แจ๊คเสียบตัวผู้ และหัวแร้งพร้อมตะกั่วบัดกรี



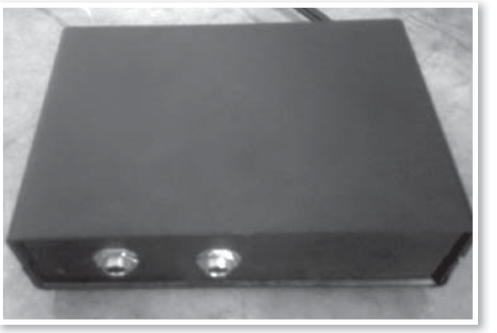
ภาพที่ 2 วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด

ภาพที่ 3 อุปกรณ์โฟโตเกท

2.2) กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ, ตัวต้านทานค่าต่างๆ, ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051, ไอซี MAX 232, XTAL 11.0592 Hz, หม้อแปลง 220 V, แผ่น PCB, กล่องอเนกประสงค์, Socket IC และ Bridge Rectifier Diode

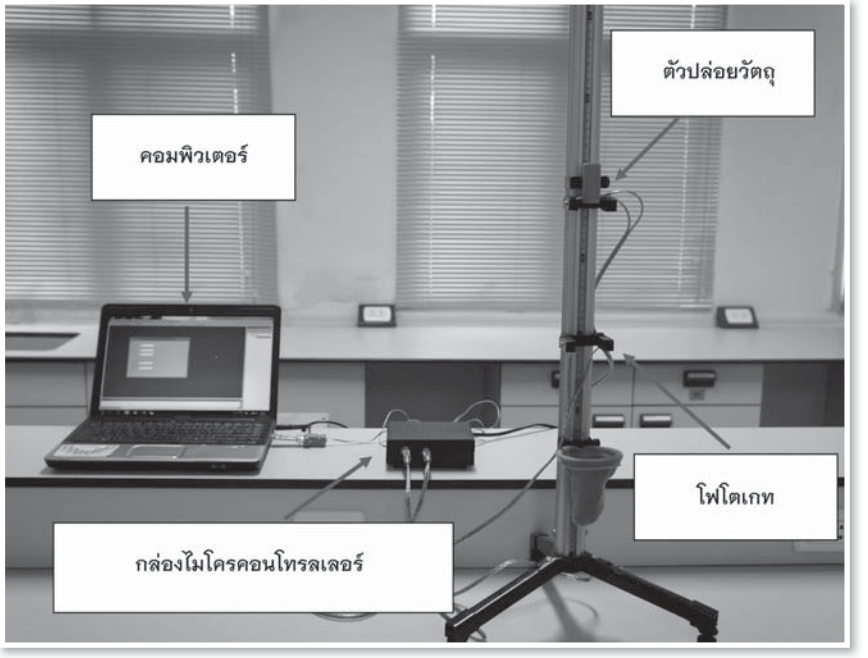


ภาพที่ 4 การวางอุปกรณ์ในกล่องอเนกประสงค์

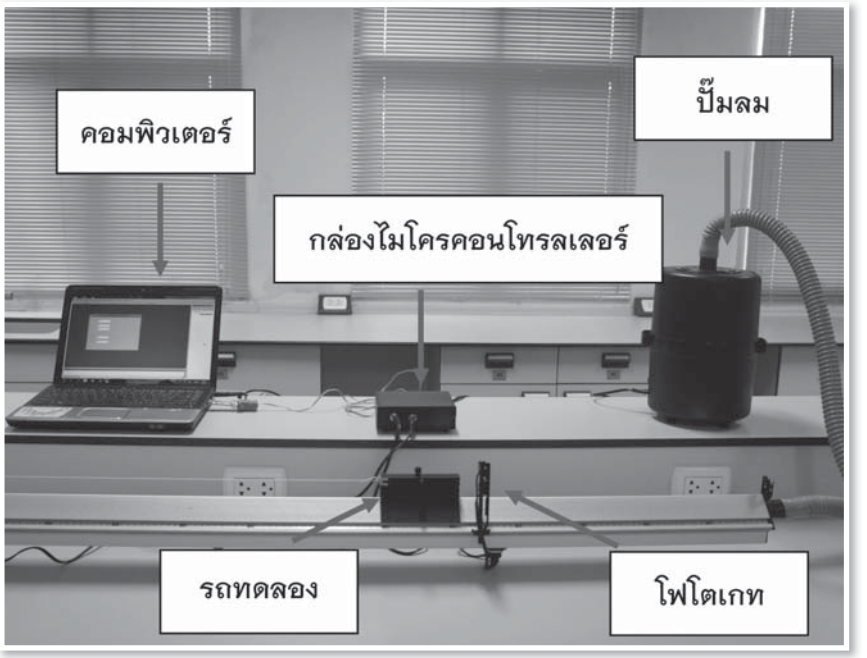


ภาพที่ 5 กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อดำเนินการสร้างชุดเครื่องจับเวลาเสร็จแล้ว จึงนำชุดเครื่องจับเวลาที่สร้างขึ้นไปใช้ร่วมกับชุดทดลองกลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อไป



ภาพที่ 6 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ



ภาพที่ 7 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

3) ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ โดยทำการทดลอง 5 ครั้ง ต้องได้ผลการทดลองถูกต้องและเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีทุกครั้ง

4) สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนและครูผู้สอน เพื่อช่วยแนะนำรายละเอียดต่างๆ ของชุดทดลองและความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ

5) นำชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่านทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

2. การประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้ในการประเมินคุณภาพชุดทดลองครั้งนี้ได้สร้างแบบประเมินจำนวน 2 ชุด ดังนี้

1) การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ ดำเนินการสร้างโดยการศึกษาวิธีการสร้าง ซึ่งดัดแปลงจากประนอม หมอกกระโทก (2545) แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบวิธีของลิเคิร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

2) นำคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นชุดเดียวกับการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้จริง

3) นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลองกลศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

4) นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้ประกอบกับชุดทดลองกลศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน รวมจำนวน 9 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80

เมื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ประชากรในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ของโรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 320 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ของโรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ที่ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสร้างเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 มีค่าความยากง่าย 0.20-0.77 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.20-0.60 และมีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบเท่ากับ 0.80

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองที่โรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ดังนี้

1. ชี้แจงนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย พร้อมทั้งแนะนำชุดทดลองที่สร้างขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละนักเรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง จากนั้นให้แต่ละกลุ่มรับใบงานประกอบการทดลอง ศึกษาใบงานและวางแผนการทดลองในกลุ่มตนเอง จากนั้นรับอุปกรณ์แล้วทำการทดลองตามเวลาที่กำหนดครั้งละ 2 คาบๆ ละ 50 นาที จำนวน 8 คาบ

3. ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

4. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติสำหรับการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติสำหรับหาประสิทธิภาพทางการศึกษา และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน (t-test dependent)

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุงมีดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระของวัตถุ

ระยะการตกของวัตถุ (m)	เวลา t (ms)							g (m/s^2)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	S.D.	
0.1	138.40	139.20	138.60	139.50	139.70	139.08	0.56	10.34
0.2	199.90	199.80	200.20	199.30	199.60	199.76	0.34	10.02
0.3	244.40	244.50	243.80	244.70	243.70	244.22	0.44	10.06
0.4	284.40	284.20	284.00	284.40	283.40	284.08	0.41	9.91
0.5	318.70	318.40	319.10	317.80	318.10	318.42	0.51	9.86

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบและปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระของวัตถุ พบว่า จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง ค่า g มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.38 m/s^2 มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ย 0.45 อาศัยข้อมูลมาตรฐานของสำนักมาตรวิทยาแห่งชาติ ประเทศไทย ค่า g ที่อาศัยวิธีการ Free Fall Drop Method และ Interferrometric Technique กรณีจังหวัดพัทลุงค่า g มีค่าเท่ากับ 9.83 m/s^2 ซึ่งค่า g ที่ได้จากเครื่องมือที่ทำวิจัยคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐานนี้ ร้อยละ 5.6

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์

ด้านที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\overline{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3			
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	4.60	4.00	4.80	4.47	0.42	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน	4.40	4.40	4.80	4.53	0.19	ดีมาก
3. การบำรุงรักษา และการซ่อมแซม	4.75	3.75	5.00	4.50	0.66	ดี
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน	4.75	4.25	4.75	4.58	0.29	ดีมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	**4.63**	**4.10**	**4.84**	**4.52**	**0.38**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ พบว่าคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.52 จาก 5.00 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

รายการที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\overline{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน	4.70	4.30	4.80	4.60	0.26	ดีมาก
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู	4.60	4.20	4.80	4.53	0.31	ดีมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	**4.65**	**4.25**	**4.80**	**4.57**	**0.28**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ พบว่าคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนและครู โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.57 จาก 5.00 อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

การทดลอง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. การตกอย่างอิสระของวัตถุ	10	7.83	78.33
2. ผลของมวลและแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ	10	8.23	82.33
รวม	**20**	**16.07**	**80.33**

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนทำการทดลองทุกกิจกรรมการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.33 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	ประสิทธิภาพของชุดทดลอง	ร้อยละ
1. แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง	20	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบแบบฝึกหัดท้ายการทดลองได้ถูกต้อง	80.33 (E_1)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบได้ถูกต้อง	81.11 (E_2)

จากตารางที่ 5 ร้อยละของคะแนนจากการตอบแบบฝึกหัดท้ายการทดลองต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ 80.33/81.11 สรุปว่าประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

การทดสอบ	n	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	14.13	2.40	14.30**
หลังเรียน	30	24.33	82.33	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 14.13 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 24.33 ผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์

1.1 การสร้าง ผู้วิจัยออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ และกำหนดวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างชุดเครื่องจับเวลาที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองกลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว ผู้วิจัยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข พบปัญหาและอุปสรรคในการสร้างดังนี้

โฟโตเกทที่สร้างขึ้น ใช้แผ่นอะคริลิคทำเป็นตัวครอบซึ่งต้องมีความละเอียดในการตัดแต่งรูปทรงให้ได้ตามที่ต้องการ และต้องเจาะรูที่แผ่นอะคริลิคทั้ง 2 ข้างให้ตรงกัน เพื่อให้ตัวรับและตัวส่งตรงกัน โฟโตเกทจึงจะทำงานได้ แต่เนื่องจากแผ่นอะคริลิคที่ใช้หนา 2 มิลลิเมตร ในระหว่างการเจาะจึงทำให้เกิดการแตกเสียหายได้ ผู้วิจัยจึงต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก

ขายึดโฟโตเกทที่ทำขึ้นมาไม่ค่อยแข็งแรง เมื่อยึดกับโฟโตเกทแล้วยังสามารถขยับได้ เหตุเป็นเพราะการตัดขนาดไม่เหมาะสม และแผ่นอะคริลิคบางเกินไป จึงทำให้อุปกรณ์ไม่แข็งแรงทนทานเท่าที่ควร

ชุดเครื่องจับเวลาที่สร้างขึ้นต้องมีการบัดกรีวงจรซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะแต่ละจุดมีขนาดค่อนข้างเล็ก ทำให้เสียเวลานาน จึงต้องอาศัยความชำนาญในการบัดกรีวงจรเป็นพิเศษ

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระของวัตถุจากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้ง ให้ผลการทดลองสอดคล้องกันคือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (g) จากการคำนวณจากข้อมูลการทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานของสำนักมาตรวิทยาแห่งชาติ ประเทศไทย ที่หาค่า g โดยวิธีการ Free Fall Drop Method และ Interferrometric Technique กรณีจังหวัดพัทลุง ค่า g มีค่าเท่ากับ 9.83 m/s^2 พบว่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากการทดลองมากกว่าค่ามาตรฐาน สาเหตุเนื่องมาจากในช่วงที่วัตถุตกผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 ค่าความเร็วของวัตถุ

ไม่เท่ากับศูนย์ เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง S กับ $\frac{t^2}{2}$ ทำให้คำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงได้ไม่ถูกต้อง แต่ถ้าหากปล่อยวัตถุให้อยู่ตรงกับโฟโตเกทตัวที่ 1 ช่วยทำให้ความเร็วต้นมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้สามารถใช้ข้อมูลมากเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง S กับ $\frac{t^2}{2}$ ค่าความชันที่ได้จากการทดลองคือ ค่าความเร่งโน้มถ่วง ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน สาเหตุอีกประการหนึ่งของการทดลอง คือ การวัดระยะห่างระหว่างโฟโตเกททั้งสองมีค่าคลาดเคลื่อน ผลที่ตามมาเมื่อนำมาคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน และในการทดลองที่ระยะทดลองน้อยๆ พบว่าความเร่งโน้มถ่วงที่คำนวณได้จะคลาดเคลื่อนมากกว่าที่ระยะเพิ่มขึ้นมีสาเหตุเนื่องมาจากขีดจำกัดในการจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพในการทำงานสามารถนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนในรายวิชากลศาสตร์ 1 ได้

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ จากการทดสอบและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

2.1 คุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.50 อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

2.1.1 ทางด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีการออกแบบชิ้นส่วน ให้มีรูปทรงและขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถประกอบได้ง่าย ดึงดูดและเร้าความสนใจ มีความแข็งแรงทนทานอยู่ในระดับดี ในขณะทำการทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจนและการออกแบบอยู่ในระดับดี

2.1.2 ด้านลักษณะการใช้งาน การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวกและมีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดี ประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง ใช้สะดวกและมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดีมาก

2.1.3 ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่นๆ สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา ส่วนการจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมสามารถจัดหาได้ง่ายอยู่ในระดับดี

2.1.4 ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ผลการประเมินผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้อยู่ในระดับดีมาก

2.2 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.57 โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับผลการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง เอกสารรายงานการทดลองและคำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลองอยู่ในระดับดี ส่วนการเรียงกิจกรรมในวิธีการทดลองและกิจกรรมทำให้เกิดความคิดรวบยอด เป็นกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

จากการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ ปรากฏว่า

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 80.33/81.11 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการดังนี้

การออกแบบชุดทดลองที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงและการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ใช้การฝึกทักษะการทดลองและจัดกระทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง ตลอดจนทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในระหว่างเรียนจากง่ายไปยากเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนในระดับสูงต่อไป และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ สิปปนนท์ เกตุทัต (2541) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับปฏิบัติ โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำเป็นต้องได้รับการฝึกปฏิบัติให้มากขึ้น

ชุดทดลองกลศาสตร์พัฒนาขึ้นมาให้สอดคล้องกับสภาพการเรียนการสอนในปัจจุบัน โดยอาศัยสื่อการเรียนการสอนในการถ่ายทอดความรู้ไปสู่นักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว ตามหลักการและทฤษฎี ซึ่งสอดคล้องกับ กิดานันท์ มลิทอง (2540) ที่กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

ด้วยเหตุผลที่กล่าวแล้วข้างต้นทำให้ชุดทดลองกลศาสตร์เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้

3. จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งการประเมินมีความเห็นโดยภาพรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีมาก อีกทั้งชุดทดลองกลศาสตร์ได้ผ่านการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน จึงถือได้ว่าชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัษฎา วรรณกายนต์ (2551) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนาน แล้วนำไปใช้ประกอบการสอน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับธัญญะ โพธิ์รัง (2550) ที่พบว่าชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ การสร้างเครื่องมือชุดการทดลองทางกลศาสตร์ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่สุดของงานวิจัย เนื่องจากตลอดการวิจัยชุดทดลองเป็นสื่อที่ใช้ในทุกกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการ

เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน อย่างไรก็ตาม การสร้างชุดทดลองกลศาสตร์ก็ยังมีขีดจำกัดและข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับการใช้ชุดทดลองนี้ และคุณลักษณะของชุดทดลองที่จะต้องคำนึงในการพัฒนาสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไปซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดของงานวิจัย

1.1 การจัดชุดกิจกรรมต้องทำอย่างระมัดระวัง มีโอกาสจะคลาดเคลื่อนได้

1.2 การจัดระยะในการปล่อยวัตถุมีผลต่อความเร็วต้นของวัตถุ

1.3 ในการจับเวลา โปรแกรมจะแสดงผลเวลาแต่ต้องนำมาคำนวณหาความเร็วเอง

1.4 ชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีคุณภาพไม่สูงพอที่จะนำมาใช้ในการจับเวลาที่ละเอียดมากๆ

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 โฟโตเกทที่สร้างขึ้นต้องมีความแข็งแรงพอสมควร

2.2 ในการสร้างโฟโตเกทต้องจัดแนวของตัวรับและตัวส่งให้อยู่ตรงกัน

2.3 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์มักจะเกิดปัญหาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์

2.4 จากการทดลองเรื่องผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ พบว่ากราฟระหว่าง F กับ a ไม่ตัดแกนที่ศูนย์เนื่องมาจากความผิดพลาดจากการจับเวลา และผลจากแรงเสียดทานระหว่างรถทดลองกับรางลม

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น

3.2 พัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณหาความเร็วของวัตถุ

3.3 แสดงผลข้อมูลผ่านจอ LCD

3.4 ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับการทดลองอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2544.

_____. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545.** กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2545.

กิดานันท์ มลิทอง. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2540.

ชูจิต สาระภาค. **ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏ.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

ธัญญะ โพธิ์รัง. **การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2550.

ประนอม หมอกกระโทก. **การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.** วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล. **การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม.** ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. **การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2540.

มนต์ชัย สิทธิจันทร์. **ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์. **ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาการสอนฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

สิปปนนท์ เกตุทัต. **การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ.2000.** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2541.

อัษฎา วรรณกายนต์. **การพัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนาน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 2551.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Landes, N., et al. **The BSCS 5E Instructional Model : Origin and Effectiveness.** Colorrado Spring, CO : BSCS, 2006.

Nuri Balta. Locating the Center of Gravity : The Dance of Normal and Frictional Forces, **The Physics Teacher.** 50 : (456–457), 2012.