การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง

เรวดี มานุ้ย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง

เรวดี มานุ้ย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

THESIS

THE DEVELOPMENT OF MECHANICS EXPERIMENT PACKAGE FOR MATTHAYOM 4 STUDENTS IN PHATTHALUNG SCHOOL

RAWADEE MANUY

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF EDUCATION PROGRAM IN SCIENCE EDUCATION OF GRADUATE SCHOOL SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

2013

COPYRIGHT OF SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ชื่อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง
ผู้วิจัย	นางสาวเรวดี มานุ้ย **ปีการศึกษา** 2556
ปริญญา	ครุศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิทยาศาสตรศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.อนุมัติ เดชนะ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สธน เสนาสวัสดิ์

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 ดังนั้นชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

Thesis Title The Development of Mechanics Experiment Package for Matthayom 4 Student in Phatthalung School
Researcher Miss Rawadee Manuy **Academic year**: 2013
Degree Master of Education Program in Science Education
Advisors 1. Dr.Anumust Deachana
2. Dr.Sathon Sanasawat

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.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างดีจาก ดร.อนุมัติ เดชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สธน เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา เดชนะ และอาจารย์สุกัญญา จันผลช่วง ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอัมรินทร์ หีมโต๊ะเต๊ะ และคุณศึกฤทธิ์ ชูพูล ที่ช่วยเหลือในการดำเนินการพัฒนาชุดทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สมาชิกในครอบครัวที่ให้กำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนพี่ ๆ บัณฑิตวิทยาลัยที่ช่วยติดต่อประสานงานและอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

เรวดี มานุ้ย

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(2)
กิตติกรรมประกาศ		(3)
สารบัญ		(4)
สารบัญตาราง		(7)
สารบัญภาพ		(8)
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์การวิจัย	3
	สมมติฐานการวิจัย	3
	ขอบเขตการวิจัย	3
	แนวคิดการวิจัย	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**7**
	หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	8
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	14
	สื่อการสอน	18
	ไมโครคอนโทรลเลอร์	23
	ความสามารถในการทำการทดลอง	26
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**31**
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	33
	แบบแผนการวิจัย	34
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35
	วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล	35
	การวิเคราะห์ข้อมูล	36
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	36
บทที่ 4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**40**
	การพัฒนาและทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์	40
	การประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้	41
	การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80	42
	ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์	43
บทที่ 5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**44**
	สรุปผล	44
	อภิปรายผล	44
	ข้อเสนอแนะ	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ	54
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ	56
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	60
ภาคผนวก ง การหาคุณภาพเครื่องมือ	130
ภาคผนวก จ วิธีการสร้างชุดทดลองกลศาสตร์	143
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดการเขียนโปรแกรม	150
ภาคผนวก ช การคำนวณหาค่า g	165
ภาคผนวก ซ ภาพประกอบการวิจัย	167
ประวัติผู้วิจัย	170

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	กิจกรรมในการวิจัย	4
2	การเรียนรู้แบบถ่ายโอนความรู้กับการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	12
3	ผลการทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระของวัตถุ	40
4	ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์	41
5	ผลประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์	41
6	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน	42
7	การเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน	43
8	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	43
9	แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาที่เกี่ยวข้อง	63
10	แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา	67
11	การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชากลศาสตร์ 1 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	116
12	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากลศาสตร์ 1 ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	131
13	ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ	133
14	ผลประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครู จากผู้เชี่ยวชาญ	135
15	ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย	137
16	ผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน	139
17	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	141

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัย	5
2	กรวยประสบการณ์ของเอ็ดการ์ เดล	14
3	การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051	24
4	อุปกรณ์ในกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์	71
5	โฟโตเกท	72
6	การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ	74
7	การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ	84
8	วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด	144
9	อุปกรณ์โฟโตเกท	145
10	วงจรกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์	147
11	การเชื่อมต่อวงจรบนแผ่น PCB	148
12	การวางอุปกรณ์ในกล่องเอนกประสงค์	148
13	กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์	149
14	การ Try out แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียน 30 คน	168
15	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน	168
16	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทดลอง	169
17	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน	169

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาและเป็นเครื่องมือชี้นำสังคม ผู้ได้รับการศึกษาจึงเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพและเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) หากพิจารณาความเจริญของประเทศที่เป็นผู้นำระดับโลกไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจหรือด้านการทหาร ล้วนแล้วแต่มีรากฐานความเจริญมาจากความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาตัวเองตามศักยภาพ นำไปสู่การพัฒนาในระดับสูงหรือระดับประเทศต่อไป ดังนั้นในการพัฒนาประเทศชาติ เยาวชนของชาติควรได้รับการพัฒนาความรู้ทางด้านต่าง ๆ ไปพร้อม ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักในการพัฒนาประเทศอย่างแท้จริง ซึ่งธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นองค์ความรู้และกระบวนการหาความรู้ (วิมล สำราญวานิช, 2532) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และมาตรา 24 ที่กล่าวว่าครูควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ ทำได้ คิดเป็น และทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตัวเองมากที่สุด ครูผู้สอนและผู้จัดการศึกษาจะต้องเปลี่ยนแปลงบทบาทจากการเป็นผู้นำ ผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้ช่วยเหลือส่งเสริมสนับสนุนผู้เรียน ในการแสวงหาความรู้ โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนที่สมดุลกัน ปลูกฝังคุณธรรมค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544)

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันพบว่า นักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทำข้อสอบภาคทฤษฎีได้ดี แต่แทบจะทำข้อสอบภาคปฏิบัติประเภทนำความรู้มาใช้และกระบวนการคิดแก้ปัญหา ไม่ค่อยได้เขียนอธิบายไม่ค่อยเป็น อาจเนื่องมาจากปัญหาด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนฝึกท่องจำสูตร มิได้ปลูกฝังให้มีกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาการเรียนการสอนที่ไม่ได้ให้ความสำคัญของการทดลองในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากการเร่งสอนเนื้อหาให้ได้มากที่สุดเพื่อมุ่งการสอบเข้ามหาวิทยาลัย และยังส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่ได้มาตรฐานตามเป้าหมายที่วางไว้ ดังนั้นเป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การเรียนวิทยาศาสตร์จึงมีการทดลองเป็นพื้นฐานสำคัญ เพื่อนำไปสู่หลักการและทฤษฎีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจึงใช้วิธีผสมผสานทั้งทฤษฎีและการทดลองเข้าด้วยกัน (วรรณทิพา รอดแรงค้า,

2532) วิธีสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al., 2006) ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ แต่ในทางปฏิบัติการเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนไม่เน้นการใช้สื่อการสอน หรือใช้สื่อที่มีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ และแสดงผลได้ไม่ชัดเจน ทำให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูเน้นการบรรยายโดยไม่ได้ทำการทดลอง จึงประสบปัญหานักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากสภาพปัญหาดังกล่าวการพัฒนาสื่อการสอนจึงมีบทบาทสำคัญที่ทำให้ครูสามารถใช้สื่อการสอนที่มีคุณภาพได้ เนื่องจากสื่อการสอนที่มีคุณภาพจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะและสามารถสร้างองค์ความรู้จากสื่อที่เรียนได้ แต่การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับปฏิบัติ โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำเป็นต้องได้รับการฝึกปฏิบัติให้มากขึ้น (สิปปนนท์ เกตุทัต, 2541) เนื่องจากการใช้สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดนักเรียนจะได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ตามทฤษฎีกรวยประสบการณ์ของเอ็ดการ์ เดล (Edgar Dale) และเป็นสื่อเชื่อมโยงความเป็นรูปธรรมกับนามธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องราวที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการใช้สื่อการสอนที่เป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และชุดการทดลองต่าง ๆ จึงมีบทบาทอย่างมากในการส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนเพิ่มมากขึ้น สามารถถ่ายทอดความรู้และสามารถประยุกต์หลักการสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ (วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์, 2552) ซึ่งพรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล (2548) ได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งและจัดว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยีจะไปไม่ได้ไกลถ้าขาดความรู้ทางพื้นฐานฟิสิกส์ ซึ่งนับเป็นหัวใจของการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญ จากผลการสอบโอเน็ตของโรงเรียนพัทลุงตั้งแต่ปี 2551-2554 มีระดับคะแนนเฉลี่ย 38.24, 34.73, 34.58, และ 32.43 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในสาระแรงและการเคลื่อนที่ในปี 2554 มีคะแนนเฉลี่ย 24.26 ซึ่งต่ำที่สุดในรอบ 4 ปี ผลที่เกิดขึ้นเป็นเพราะธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ที่เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นลักษณะนามธรรม ไม่สามารถเห็นภาพในเชิงประจักษ์ได้ ทำให้ครูจัดการเรียนการสอนได้ยาก (มนต์ชัย สิทธิจันทร์, 2547)

การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีการเรียนปฏิบัติการทดลองควบคู่ไปกับการเรียนทฤษฎีและหลักการ เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการทางฟิสิกส์ได้ละเอียดขึ้นทั้งยังได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และวิธีการเรียนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองนั้นจะทำให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองได้มากที่สุดและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และจะเป็นสิ่งที่นำผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้อย่างแท้จริง (ชูจิต สาระภาค, 2547) แต่เนื่องอุปกรณ์การทดลองทางฟิสิกส์มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งต้องสั่งซื้อทำให้เกิดความสิ้นเปลือง และไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ทำให้โรงเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อม

ในการจัดการเรียนการสอน การสร้างชุดอุปกรณ์อย่างง่ายจะช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในทางฟิสิกส์ (Nuri Balta, 2012) และการใช้ชุดทดลองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากขึ้น (Tracy Hood, 2012)

การพัฒนาชุดทดลองสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาและพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง เพื่อเป็นสื่อในการเรียนซึ่งจะมีผลต่อนักเรียนที่จะเรียนในระดับสูงต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

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

สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิตของโรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 320 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิตของโรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ที่ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

ขอบเขตตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชากลศาสตร์ 1 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองพร้อมคู่มือการใช้ เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ และเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ จำนวน 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของความสูงต่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 2 ผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งของระบบ

การทดลองที่ 3 ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ

ขอบเขตระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับนักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 สัปดาห์ละ 4 คาบ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ รวม 8 คาบ รายละเอียดการวิจัยแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 กิจกรรมในการวิจัย

ที่	กิจกรรม	เดือน (พ.ศ. 2556 – 2557)							หมายเหตุ
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	
1	สอบหัวข้อวิทยานิพนธ์	←	→						
2	เตรียมเค้าโครงวิทยานิพนธ์พร้อมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย		←	—	→				
3	สอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์				←	—	→		
4	เก็บรวมรวมข้อมูล					←	—	→	
5	เขียนรายงานวิทยานิพนธ์					←	—	—	→
6	สอบวิทยานิพนธ์							←	→

แนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองกลศาสตร์ ประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้ และนำชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปหาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้

ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดทดลองกลศาสตร์ หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นพร้อมคู่มือการใช้ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองในรายวิชากลศาสตร์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง และแรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ - ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่วและชำนาญ

การสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นและสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนได้จริง
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเมื่อเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์
3. ใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองในรายวิชาอื่น ๆ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1. หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
   1.1 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
   1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.3 พีระมิดการเรียนรู้
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
   2.1 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
   2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. สื่อการสอน
   3.1 ความหมายของสื่อการสอน
   3.2 ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน
   3.3 ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี
   3.4 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์
   4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์
   4.2 หลักการทำงานของชุดเครื่องจับเวลา
5. ความสามารถในการทำการทดลอง
   5.1 ความหมายทักษะปฏิบัติการ
   5.2 โครงสร้างของพฤติกรรมการทำการทดลอง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   6.1 งานวิจัยในประเทศ
   6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

งานวิจัยนี้มีพระราชบัญญัติการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในมาตรา 23(2) เน้นจัดการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัยให้ความสำคัญของการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา ในส่วนของการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์นั้น ต้องให้เกิดทั้งความรู้ ทักษะและเจตคติด้านวิทยาศาสตร์รวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน

การจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา 24 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังนี้

1.1 จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

1.2 ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

1.3 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

1.4 จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้

1.5 ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

1.6 จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวดังกล่าวจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของผู้สอนและการเรียนของผู้เรียน กล่าวคือ ลดบทบาทของผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่าและบรรยาย เป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการที่สำคัญ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกิจกรรมการสังเกต การตั้งคำถาม การวางแผนเพื่อการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) ซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลโดยตรงด้วยวิธีการที่หลากหลายทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปรายและสื่อสารความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจ กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นที่บทบาท

ของผู้เรียนตั้งแต่เริ่ม คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผลและประเมินผลและต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้นเน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่าง ๆ ในที่สุด

ปรัชญาวิทยาศาสตร์ดั้งเดิม เชื่อว่า ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความจริงหรือข้อเท็จจริงที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ ซึ่งได้จากการตรวจสอบ การค้นคว้าทดลองอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ปรัชญาวิทยาศาสตร์แนวใหม่ เชื่อว่า ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากการสรรค์สร้างของแต่ละบุคคล ซึ่งมีอิทธิพลมาจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมและสิ่งแวดล้อมหรือบริบทของสังคมของแต่ละคน

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนต้องศึกษาเป้าหมายและปรัชญาของการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ตลอดจนกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการและผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด แล้วพิจารณาเลือกนำเอาไปใช้ออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ เหมาะกับสภาพแวดล้อมของโรงเรียนและแหล่งความรู้ของท้องถิ่น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระบวนการเรียนรู้ (Learning process) เป็นการดำเนินขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ได้เพิ่มพูนและสะสมมาเป็นลำดับโดยนักคิด นักวิทยาศาสตร์ นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ทำให้ปัจจุบันมีทฤษฎีการเรียนรู้และหลักการเรียนรู้จำนวนมากที่อธิบายกระบวนการเกิดการเรียนรู้ทั้งที่เป็นกระบวนการใหญ่และกระบวนการย่อย ๆ ในการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่าง ๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปอย่างหลากหลาย ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและสอดคล้องกับการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่า นักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากก็น้อย ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับกับความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วก่อนเรียน การเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้อย่างยิ่ง การสร้างความรู้ของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไปเป็นเรื่องเฉพาะสำหรับแต่ละบุคคล เนื่องจากความแตกต่างของพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ของแต่ละคนและความรู้เป็นสิ่งที่ไม่คงที่ไม่ใช่ความจริงแท้สมบูรณ์เป็นสมมติฐานที่ใช้งานได้ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น กระบวนการเรียนรู้ที่แท้จริงของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครูหรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่าง ๆ ที่ผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมายจึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้น

การที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process)

นักการศึกษาได้แบ่งทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ออกเป็น Cognitive Constructivis ของเพียเจต์ (Piaget) และ Social Constructivism ของวิก็อทสกี้ (Vygotsky) ดังนี้

2.1 Cognitive Constructivism ของเพียเจต์เชื่อว่า การที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิด มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดมี 2 กระบวนการ คือ การปรับตัว (Adaptation) และการจัดระบบโครงสร้าง (Organization) การปรับตัวเป็นกระบวนการที่บุคคลหาหนทางที่จะปรับสภาพความไม่สมดุลทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัว โครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม มีรูปแบบความคิดเกิดขึ้น กระบวนการปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 ประการ คือ

2.1.1 กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ซึมซาบประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน แล้วสมองก็รวบรวมปรับเหตุการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความคิดอันเกิดจากการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม

2.2.2 กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการดูดซึม คือ ภายหลังจากที่ซึมซาบเหตุการณ์ใหม่เข้ามาและปรับเข้าสู่โครงสร้างเดิมแล้ว ถ้าปรากฏว่าประสบการณ์ใหม่ที่รับเข้ามามีสมบัติเหมือนกับประสบการณ์เดิม ประสบการณ์ใหม่จะถูกซึมซาบและปรับหาประสบการณ์เดิม คือ ทำให้ประสบการณ์เดิมมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับการซึมซาบเข้ามาให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ สมองก็จะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาเพื่อปรับให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่นั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549)

2.2 Social Constructivism ของวิก็อทสกี้ งานของวิก็อทสกี้ ได้รับความสนใจและนำมาตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1960 ทั้งที่วิก็อทสกี้เสียชีวิตตั้งแต่ปี ค.ศ. 1934 เมื่ออายุเพียง 38 ปี วิก็อทสกี้ ได้นำแนวคิดเกี่ยวกับเขตของการเชื่อมสู่การพัฒนา (Zone of Proximal Development) หรือ ZPD ซึ่งเป็นช่องว่างระหว่างระดับการพัฒนาปัจจุบันที่ผู้เรียนเป็นอยู่จากการเรียนรู้และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองกับระดับที่ผู้เรียนมีศักยภาพพัฒนาไปถึงได้ภายใต้การแนะนำของครูหรือผู้มีประสบการณ์หรือผู้ใหญ่ หรือจากการร่วมมือกับเพื่อนที่มีความสามารถมากกว่าวิก็อทสกี้ ให้ความสำคัญกับภาษาเพราะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือทางปัญญาซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วย ในการแก้ปัญหาและเป็นเครื่องมือช่วยในการกระทำการใด ๆ ได้

วิก็อทสกี้คิดหาวิธีการที่จะทำให้เด็กได้เครื่องมือนี้มาและคิดหาวิธีการที่จะสามารถช่วยพัฒนาเด็กให้สามารถพัฒนาเครื่องมือทางปัญญาให้มีระดับสูงขึ้นกว่าเดิม โดยใช้หลักการพื้นฐาน 4 ประการ

2.2.1 เด็กเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นเอง

2.2.2 พัฒนาการทางปัญญาของเด็กแยกจากบริบททางสังคมไม่ได้

2.2.3 การเรียนรู้ทำให้เกิดการพัฒนาการ

2.2.4 ภาษามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือทางปัญญา

จากหลักการพื้นฐานดังกล่าวนำมาสู่วิธีการสร้างเครื่องมือทางปัญญาโดยการใช้สื่อกลางที่เหมาะสมและใช้ภาษาเป็นเครื่องมือให้เกิดบริบททางสังคม

การจัดการศึกษาที่ได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดของวิก็อทสกี้ ได้แก่ การเรียนรู้ด้วยความร่วมมือ (Cooperative learning) สื่อกลาง คือ กลุ่มเพื่อนและกิจกรรมที่นำสู่การใช้ภาษาเป็นเครื่องมือแลกเปลี่ยนสื่อสาร การแบ่งปันระหว่างกันเพื่อให้สามารถกระทำและแก้ปัญหาได้และการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) หรือ 5Es ที่ใช้ กิจกรรมสำคัญ 5 ขั้นตอน เป็นสื่อกลางในการให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลและสารสนเทศ (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, 2552)

ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้นี้ ทัศนะของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียนและการเรียนรู้จะแตกต่างไปจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบถ่ายโอนความรู้ สามารถสรุปได้ดังตาราง 2 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552)

ตาราง 2 การเรียนรู้แบบถ่ายโอนความรู้กับการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้แบบถ่ายโอนความรู้	การเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง
1. ครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้ถ่ายโอนความรู้ไปยังผู้เรียน และจัดหาสิ่งกระตุ้นและเสริมแรงต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการตอบสนองที่เหมาะสม	1. ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ส่งเสริมสนับสนุนชี้แนวทางและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน
2. ครูผู้สอนเป็นผู้ควบคุมการเรียนการสอนเป็นส่วนใหญ่	2. ผู้เรียนก้าวมาสู่ห้องเรียนพร้อมกับความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วที่หลากหลาย
3. ผู้เรียนเปรียบเสมือนกระดาษเปล่าที่รอคอยให้ครูขีดเขียนความรู้ลงไป	3. ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้กระตือรือร้นในการควบคุมการเรียนและสร้างความรู้ด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนเปรียบเสมือนฟองน้ำที่คอยดูดซับความรู้ที่ถ่ายโอนมาจากครูผู้สอน	4. การเรียนรู้ คือ การเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกห้องเรียนเข้ากับความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วก่อนเรียนแล้วปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนให้เป็นแนวคิดที่เหมาะสมหรือตรงกับที่สังคมยอมรับ
5. ครูผู้สอนไม่ค่อยให้ความสำคัญกับแนวคิดที่มีอยู่แล้วของผู้เรียน	5. การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและการทำงานเป็นกลุ่มร่วมกัน
6. การเรียนรู้ คือกระบวนการรับและจดจำข้อมูลหรือความรู้ให้ได้มากที่สุด	6. การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนได้เกิดขึ้นตลอดการเรียนรู้
7. ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ฟังและนักท่องจำที่ดีที่ต้องรับฟังและจดจำข้อมูลหรือความรู้ที่ถ่ายโอนมาจากครูให้ได้มากที่สุด	7. การวัดผลการเรียนรู้ต้องบูรณาการอยู่ในกระบวนการเรียนรู้และวัดทั้งกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนและผลผลิตซึ่งก็คือความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น
8. การวัดผลการเรียนรู้มุ่งเน้นที่ความสามารถผู้เรียนในการระลึกหรือจดจำข้อมูลหรือความรู้	8. จุดมุ่งหมายของการวัดผลการเรียนรู้อยู่ที่ว่าผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้และประสบการณ์ไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด

บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในชั้นเรียนที่จัดตามแนวทางการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552)

บทบาทผู้สอน

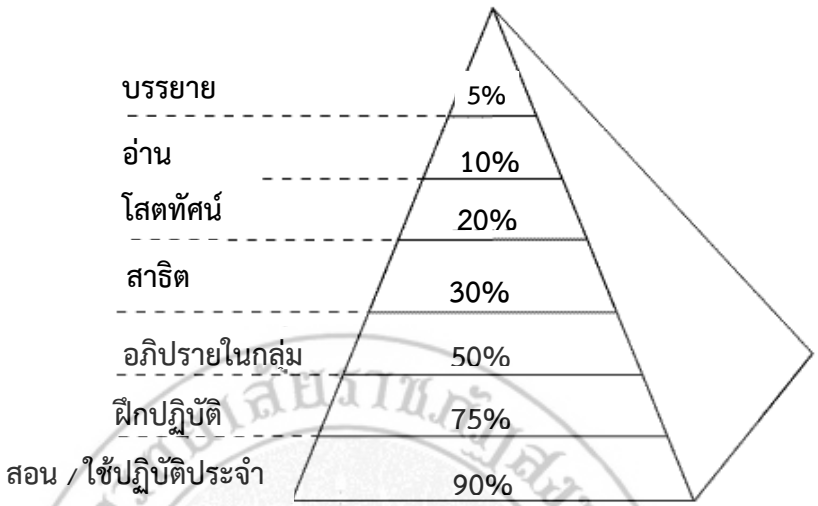
1. สำรวจว่าผู้เรียนกำลังคิดอะไร
2. ช่วยผู้เรียนให้เกิดความกระจ่างในความคิดของตนเองและช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดของตนเอง
3. ท้าทายความคิดของผู้เรียน
4. ช่วยผู้เรียนเปลี่ยนแปลงแนวคิดเดิมที่ไม่ถูกต้อง
5. ช่วยผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเองและให้ผู้เรียนคิดเอง
6. ผู้สอนช่วยชี้แนะแนวทางการแสวงหาความรู้ที่ถูกต้องให้แก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล
7. ให้ข้อเสนอแนะและให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน
8. กระตุ้นให้เกิดการอภิปรายในห้องเรียน
9. จัดบรรยากาศให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม
10. ยอมรับความคิดเห็นของผู้เรียน
11. สร้างบรรยากาศของห้องเรียนให้เป็นบรรยากาศที่อบอุ่น สมาชิกในห้องเรียนต่างคอยช่วยเหลือกัน
12. กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้
13. เป็นทั้งนักวิจัยและผู้เรียนในเวลาเดียวกัน
14. วางแผนการจัดการเรียนรู้และจัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์การสอนรวมถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

บทบาทผู้เรียน

1. คิดเอง ทำเอง ปฏิบัติเองและสร้างความรู้ด้วยตนเองในเรื่องที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิตจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย
2. มีส่วนร่วมในการกำหนดจุดมุ่งหมาย กิจกรรมและวิธีการเรียนรู้
3. สามารถเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น มีปฏิสัมพันธ์และเปลี่ยนความคิดเห็น และความรู้สึกของตนกับผู้อื่น
4. แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับความสามารถผู้อื่น
5. มีส่วนร่วมในการประเมินผลการพัฒนาการเรียนรู้

3. พีระมิดการเรียนรู้

Dr. Edgar Dale ได้เสนอกรวยประสบการณ์ไว้เมื่อปี 2489 (ค.ศ.1946) โดยเน้นว่า “ผู้เรียนจะได้ประโยชน์จากการใช้กิจกรรมการสอนที่เป็นนามธรรม ในการขยายสิ่งที่เขาได้สะสมมาจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้เกิดความหมายต่อสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้นไปอีก” ดังนั้นในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกลศาสตร์ซึ่งเป็นเรื่องที่ซับซ้อน เข้าใจยาก และเป็นนามธรรม การจัดกิจกรรมการเรียน โดยอาศัยเครื่องมือทำการทดลองเพื่อฝึกปฏิบัติประกอบกับการสอนอย่างมีกระบวนการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนแบบ 5Es จะทำให้รับรู้เนื้อหาได้ไม่ต่ำกว่า 75% ดังภาพ 2 ซึ่งถือเป็นการวัดการเรียนการสอนที่ดีที่สุดในการวิจัยนี้



ภาพ 2 กรวยประสบการณ์ของเอ็ดการ์ เดล

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยนี้มีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต้องวัดผลทั้งทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวัดผลช่วยบอกให้ทราบสถานการณ์การเรียนการสอนรวมทั้งสื่อการเรียนและวิธีสอนที่ใช้หรือปฏิบัติ สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อความสะดวกในการประเมินผลสามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์, 2524)

1.1 ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

1.2 ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง

1.3 การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ทักษะเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ (Small Idea) และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่ออธิบายโดยภาพรวม (Big Idea) ของปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ยังต้องทดสอบแนวคิดภาพรวมที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วย

การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นี้เป็นการสะสมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มเติมประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในเวลานั้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงจากการทดลองด้วยตนเองด้วยการเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงการรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ได้แก่ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) การสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Sciencetific Inquiry) และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Sciencetific Enterprise) การเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาขึ้นได้โดยการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery Learning) ซึ่งเป็นทฤษฎีของเจโรมี บรูเนอร์ (Jerome Bruner) โดยผู้เรียนเรียนรู้เพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สนใจกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองจากพื้นฐานประสบการณ์และความรู้เดิมที่แตกต่างกันในแต่ละระดับชั้นที่ศึกษาอยู่ จากนั้นนำมาสร้างเป็นความรู้ใหม่ ในลักษณะเดียวกับทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเองของ เพียเจต์

ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นทักษะแกน (Core Skill หรือ Key Skill หรือ Life Skill) ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) และช่วยพัฒนาทักษะในการสื่อสาร (Communicating Skill) ความคิดเชิงวิจารณ์ (Critical Thinking) และทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving Skill) จากหลักฐานที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเวลานั้น ๆ

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2532) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ให้ความหมายว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติและฝึกฝนอย่างเป็นระบบ

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส การใช้ตัวเลข การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดเป็นความคล่องแคล่วและชำนาญ

2.1 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมการศึกษาวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา (America Association for the Advance of Science หรือ AAAS) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 กระบวนการ ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้นำมาจัดทำเป็นแนวทางการสอนให้กับครูไทย โดยแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (The Basic Process Skills) มี 8 ทักษะ และทักษะกระบวนการขั้นสูง (The Integrated Process Skills) มี 5 ทักษะ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

2.1.1 ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างในขณะเดียวกันหรือเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น กาย เพื่อใช้ในการสัมผัสเหตุการณ์หรือสัมผัสวัตถุนั้นโดยตรง โดยมีข้อเงื่อนไขว่าต้องไม่มีการใส่ความคิดเห็นของผู้ที่ทำการสังเกตลงไป

1) ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือรายละเอียดของเหตุการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2) บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณคร่าว ๆ โดยการกะประมาณ

3) บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2.1.2 ทักษะด้านการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง และมีหน่วยของการวัดกำกับมาด้วยเสมอ

1) เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะวัด

2) บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

3) บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

4) ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ฯลฯ ได้ถูกต้อง

2.1.3 ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดเรียงลำดับของวัตถุโดยการใช้ความเหมือนหรือความแตกต่าง

1) เรียงลำดับเหตุการณ์หรือแบ่งพวกสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดไว้ได้

2) เรียงลำดับเหตุการณ์หรือแบ่งพวกสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ของตนเองได้

3) สามารถบอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

2.1.4 ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาทำการคำนวณ โดยการ บวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

1) นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

2) คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีคิดคำนวณได้

3) สามารถบอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4) หาค่าเฉลี่ยได้

5) แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

2.1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

1) ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

2) วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติ

3) บอกชื่อรูปของรูปทรงเรขาคณิตได้

4) บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้

5) บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

6) บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

7) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพที่ปรากฏในกระจกเงาว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

8) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

9) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

2.1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดทำในรูปแบบใหม่ ๆ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจกับข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ รูปวงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย ฯลฯ

1) เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

2) บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

3) ออกแบบการเสนอข้อมูลที่ตนเองเลือกได้

4) เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

5) บรรยายลักษณะของบางสิ่งด้วยข้อความที่กะทัดรัดเหมาะสมจนผู้อื่นเข้าใจได้

6) วาดแผนผังแสดงตำแหน่งสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

2.1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอภิปรายสรุปการเพิ่มเติมรายละเอียดกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยลงความคิดเห็นให้กับข้อมูลอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

2.1.8 ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้า ก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ อาศัยหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุปการพยากรณ์ข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือ กราฟ สามารถทำได้อีก 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตและนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

1) ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

2) ทำนายผลที่เกิดขึ้นของข้อมูลเชิงปริมาณทั้งภายในหรือภายนอกขอบเขตข้อมูลได้

2.1.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

2.1.10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.1.11 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

2.1.12 ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลอง โดยการออกแบบการทดลอง การวางแผน การทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดและควบคุมตัวแปรเพื่อนำไปสู่วิธีการเตรียมอุปกรณ์หรืออาจเป็นสารเคมีในขั้นตอนนี้

1) ออกแบบการทดลอง กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่จะทำการควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลอง

2) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

3) บันทึกผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

2.1.13 ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่

1) บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การตีความหมายจากกราฟหรือการตีความหมายที่ต้องใช้ทักษะการคำนวณ

2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้อง

สื่อการสอน

งานวิจัยนี้มีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความหมายของสื่อการสอน

นักการศึกษาได้ให้ความสำคัญกับสื่อการสอนมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเห็นความสำคัญของการใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้สมบูรณ์ และนักการศึกษาได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ สรุปได้พอสังเขป ดังนี้

สาโรจน์ แพงยัง (2529) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นพาหะของความรู้ที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนได้รับ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยเฉพาะ โดยครอบคลุมถึงวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทุกรูปแบบที่ไม่เฉพาะแต่สื่อที่เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น กิจกรรม การสาธิต การฉายภาพยนตร์ สไลด์ เทป กระดานชอล์ก การศึกษานอกสถานที่ นาฏการ การสัมภาษณ์ การสำรวจ การใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น การทดลอง เป็นต้น

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่ผู้สอนและผู้เรียนนำมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ วัตถุสิ่งของที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือมนุษย์สร้างขึ้นมา รวมทั้งวิธีการสอนและกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ

สมหวัง คุรุรัตน์ (2535) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง อุปกรณ์การสอนอย่างง่ายที่ประกอบด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่นหรือมีในธรรมชาติ มีขั้นตอนในการทำง่าย ไม่สิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณ สามารถทำเองได้ และใช้สอนในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิดานันท์ มลิทอง (2540) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อชนิดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วิดีโอ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาข้อความเกี่ยวกับการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว สรุปความหมายของสื่อการสอนได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อเป็นสื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระตามความมุ่งหมายของบทเรียน สื่อการสอนอาจเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือสิ่งที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นจากวัสดุในธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้ได้โดยกระบวนการสร้างต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อน และต้นทุนการผลิตต่ำ

สื่อการสอนที่นิยามในงานวิจัยนี้คือ ชุดทดลองกลศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในรายวิชากลศาสตร์ 1 สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ และคุณค่าของสื่อการสอนไว้หลายท่าน สรุปได้พอสังเขป ดังนี้

สาโรจน์ แพงยัง (2529) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพของการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน
2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ในปริมาณมากขึ้น ในเวลาที่จำกัด
3. ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจบทเรียนมากขึ้น
4. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำบทเรียนได้เร็วขึ้น
5. ช่วยส่งเสริมการคิดและแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน
6. ช่วยให้การเรียนง่ายขึ้น ดังนี้
    - 6.1 ทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้น
    - 6.2 ทำให้นามธรรมเป็นรูปธรรม
    - 6.3 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลง

6.4 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วขึ้น

6.5 ทำให้สิ่งใหญ่ย่อยขนาดลง

6.6 ทำให้สิ่งที่เล็กมีขนาดใหญ่ขึ้น

6.7 นำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตมาศึกษาได้

6.8 นำสิ่งที่อยู่ไกลมาศึกษาได้

7. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้นกว่าเดิม

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า การเรียนการสอนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยสื่อเป็นตัวกลางจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ฉะนั้นสื่อจึงมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1. เป็นศูนย์รวมความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น
2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากขึ้น มีประสบการณ์กว้างขวางขึ้นโดยใช้เวลาน้อยลง
3. ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักคิดและแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น
4. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างมั่นใจ ประทับใจ และจดจำได้นาน
5. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากประสบการณ์ที่มีความหมายรูปแบบต่าง ๆ
6. ช่วยลดคำบรรยายของผู้สอนให้น้อยลงแต่ผู้เรียนเข้าใจง่ายขึ้น
7. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของศัพท์ต่าง ๆ ทำให้เด็กอ่านได้เร็วขึ้น
8. ช่วยให้ข้อจำกัดต่าง ๆ เกี่ยวกับรูปร่าง เวลา ระยะทาง การเคลื่อนไหว หรือสิ่งยุ่งยากในการเรียนรู้น้อยลงหรือหมดไป
9. ช่วยลดความสูญเปล่าทางการศึกษาได้ เช่น ช่วยลดเวลาการเรียนการสอน ลดค่าใช้จ่าย ลดจำนวนผู้สอบตก ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนทั้งรายบุคคล การเรียนกลุ่มย่อย และการเรียนกลุ่มใหญ่ให้มีประสิทธิภาพขึ้น

กิดานันท์ มลิทอง (2540) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับผู้เรียนและผู้สอน ดังต่อไปนี้

1. สื่อกับผู้เรียน

1.1 เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.2 สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่เบื่อหน่ายการเรียน

1.3 การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

1.4 ช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย

1.5 ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

1.6 ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยจัดให้มีการใช้สื่อการเรียนการสอนรายบุคคล

2. สื่อกับผู้สอน

2.1 การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอนช่วยให้บรรยากาศในการเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว เป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2.2 สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

2.3 เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

จากการศึกษาเอกสารสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีประโยชน์และมีคุณค่าต่อการเรียนการสอนทั้งตัวผู้สอนและตัวผู้เรียนเอง โดยสื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้สอนนำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้นผู้สอนจึงควรได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อดังกล่าวก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน และเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3. ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

โช สาลีฉัน (2534) ได้กล่าวถึงลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีไว้ว่า อุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้น ถ้าจะให้เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

3.1 รูปร่างลักษณะจะต้องจูงใจ ถ้ารูปร่างจูงใจจะมีผลดีต่อการเรียนการสอนมาก เพราะเมื่อครูนำเครื่องมือเข้าไปในห้องเรียน เมื่อนักเรียนมองเห็นจะเริ่มสนใจอยากรู้ว่าเครื่องมือนั้นจะใช้ทำอะไร จะมีผลอย่างไร ทำให้เด็กมีความตั้งใจเรียนมากขึ้น ผลของการเรียนการสอนจะได้ผลเต็มที่

3.2 ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องให้ทำงานได้ตามต้องการ ไม่ใช่ว่าเวลานำไปทดลองเครื่องมือไม่ทำงานต้องแก้ไขทำให้เสียเวลา ทำให้เด็กนักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ความสนใจในการเรียนจะลดลง

3.3 สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรจะสะดวกในการใช้และปฏิบัติเมื่อใช้สอนหรือปฏิบัติการทดลอง เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัยแก่ครูและนักเรียน

3.4 มีความคงทนถาวร ถ้าเราออกแบบสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือให้มีความถาวรและคงทน ก็จะมีอายุการใช้งานได้นานเป็นการประหยัดไม่ต้องซื้อบ่อย ๆ ทำให้สิ้นเปลือง จึงนับได้ว่ามีความจำเป็นต้องคำนึงถึงทุกครั้งเมื่อจะออกแบบสร้าง

3.5 วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้สร้างได้ทันที ถ้าวัสดุหายากหรือหาไม่ได้ก็ไม่มีโอกาสได้สร้าง การออกแบบเครื่องมือนั้นก็สูญเปล่าไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด ฉะนั้นในการออกแบบสร้างนั้นจะต้องหาวัสดุที่ใช้สร้างได้ง่าย วัสดุที่หาได้ง่ายคือ

1) วัสดุที่มีในท้องถิ่น 2) วัสดุเหลือใช้ ผู้ออกแบบจะต้องสำรวจดูว่าในท้องถิ่นนั้นมีวัสดุอะไรบ้างที่มีในธรรมชาติหรือมีมากในท้องถิ่นนั้น และสามารถนำมาประดิษฐ์สร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ได้

3.6 วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เนื่องจากในโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก ถ้าเราออกแบบที่ใช้วัสดุราคาถูกสร้างก็จะพอมีเงินซื้อวัสดุเพียงพอแก่การสร้าง ถ้าใช้วัสดุราคาแพงก็จะมีเงินไม่พอและก็คงไม่ได้สร้างเลยก็ได้ การใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัดเงินของโรงเรียน และยังสร้างได้จำนวนมากด้วย

3.7 ควรใช้งานได้หลายอย่าง อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้นควรให้ใช้งานได้หลาย ๆ อย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่สิ้นเปลืองที่เก็บรักษา เช่น ถ้าเรามีขวดน้ำมันพืชอยู่ 1 ใบ เราอยากได้กรวยสำหรับกรองของเหลว 1 ใบ เราก็เอาขวดนั้นไปล้างให้สะอาดแล้วใช้ใบมีดตัดขวดนั้นออกเป็น 2 ส่วน ทางด้านมีคอใช้ทำกรวย ส่วนทางก้นขวดใช้ทำเป็นขาตั้งกรวย และเป็นภาชนะรองของเหลวที่กรองก็ได้

3.8 สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องออกแบบให้รูปร่างกะทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้ารูปร่างสูงใหญ่เกินไปทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงรูปร่างของเครื่องมือด้วย

3.9 มีเสถียรภาพดี เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการสอน ถ้าออกแบบมีเสถียรภาพไม่ดีก็จะทำให้ล้มง่าย เครื่องมืออาจชำรุดและไม่คงทนถาวรสิ้นเปลืองเวลาในการซ่อมแซม จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐานจึงจะมีเสถียรภาพดีไม่ล้มง่าย

3.10 เวลาสาธิตและปฏิบัติการทดลองมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน การออกแบบสร้างขนาดและรูปทรงต้องสามารถให้ผู้เรียนมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน

การออกแบบสร้างเครื่องมือจะต้องให้มีคุณสมบัติครบ 10 ประการดังกล่าวจะช่วยให้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพต่อการใช้งานและมีผลดีต่อการเรียนการสอนอย่างยิ่ง

4. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

โช สาลีฉัน (2528) ได้เสนอขั้นตอนของการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมการ

4.1.1 จัดซื้อหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาทำบัญชีรายการอุปกรณ์การสอนที่จะต้องสร้างทดแทนทั้งหมด

4.1.2 ศึกษาหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์หรืออุปกรณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในบัญชีที่ทำไว้ในข้อ 1.1 เพื่อนำไปออกแบบสร้างทดแทน โดยใช้วัสดุต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับวัสดุที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย

4.2 ขั้นปฏิบัติการ

4.2.1 เลือกเครื่องมือหรืออุปกรณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้แล้ว ซึ่งจะต้องสร้างแบบทดแทนใหม่มาพิจารณาศึกษาอีกครั้งหนึ่ง

4.2.2 เลือกวัสดุจากที่สำรวจไว้แล้ว ซึ่งสามารถหาได้ง่ายในทุกท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้ออกแบบสร้างเป็นอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

4.2.3 ดำเนินการออกแบบโดยเขียนเป็นภาพอย่างหยาบ ๆ ขั้นแรกเสียก่อน พิจารณาจนแน่ใจว่าเป็นแบบที่ใช้ได้แล้วจึงลงมือสร้างตามแบบ โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ 1) เป็นแบบที่สร้างได้ง่าย ครูหรือนักเรียนก็สามารถสร้างได้ 2) วัสดุที่ใช้สร้างสามารถหาได้ทุกท้องที่ 3) ใช้ทดแทนแบบเดิมได้ 4) เป็นแบบที่มองดูแล้วง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และ 5) วัสดุที่ใช้สร้างเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น วัสดุเหลือใช้และวัสดุราคาถูก

4.2.4 นำอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลอง เพื่อตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่าทำงานได้อย่างที่ต้องการ และมีความละเอียดอยู่ในช่วงที่เชื่อถือได้ก็ถือว่าอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นใช้ได้ และใช้เป็นต้นแบบต่อไป แต่ถ้าชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นทำงานยังไม่ดีต้องแก้ไขปรับปรุงต่อไป

4.2.5 ตั้งสมมติฐานของสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์การสอนที่สร้างขึ้นทำงานได้ไม่ดี แล้วลงมือแก้ไขตามสมมติฐานนั้น และนำไปทดลองตรวจสอบใหม่อีกครั้งจนกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจะสมบูรณ์ตามต้องการ จึงใช้เป็นต้นแบบต่อไป

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์นั้นจะต้องมีการเตรียมการศึกษาเอกสารหรือเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาระบบของการทำงานของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการนำไปวางแผนการออกแบบ และดำเนินการสร้างตามขั้นตอนของการปฏิบัติงานพัฒนาสื่อ และเมื่อสร้างเสร็จแล้วต้องตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของสื่อที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นแบบต่อไป ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการพัฒนาชุดทดลองโดยใช้แนวคิดจากการศึกษาเอกสารดังกล่าวเป็นกรอบในการพัฒนา

ไมโครคอนโทรลเลอร์

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่าคอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึงตัว ควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึง อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวควบคุมอุปกรณ์ขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่ทำงานเสมือนระบบคอมพิวเตอร์ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย นั่นคือ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการทำงานและควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการ

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำโดยผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลักษณะที่ถูกระบุขึ้นโดยผู้เขียนโปรแกรม

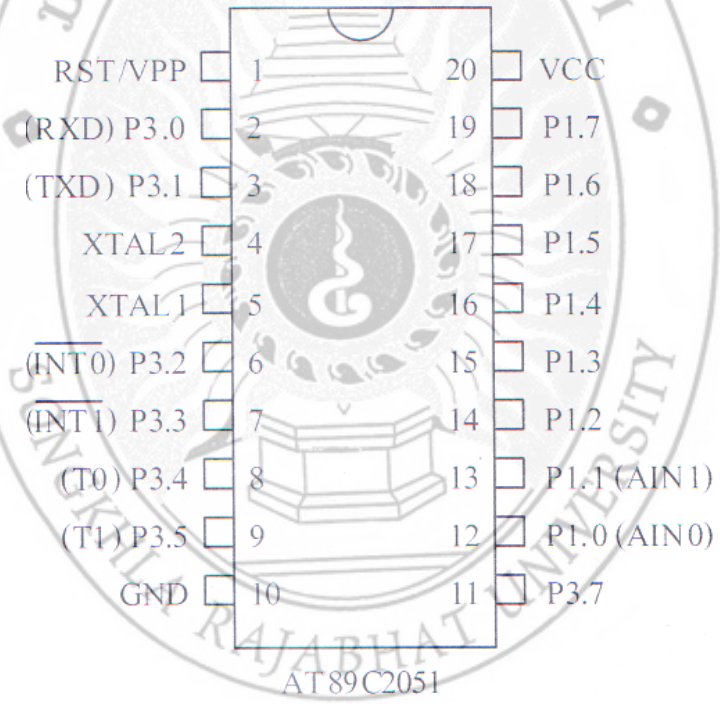
ควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตและยังสามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลและเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051

1. มีหน่วยความจำข้อมูล (RAM) ขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 128 byte
2. มีหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) แบบแฟลชเพิ่มขึ้นเป็น 2 Kbyte
3. มีไทม์เมอร์ /เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัวคือ ไทม์เมอร์ 0, ไทม์เมอร์ 1
4. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ได้ถึง 5 แหล่ง
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบสองทิศทาง (Full Duplex)

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051



ภาพ 3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051

หน้าที่และการใช้งานของแต่ละขามีดังต่อไปนี้

1. VCC เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 V
2. GND เป็นขาสำหรับต่อลงกราวนด์
3. XTAL 1/XTAL 2 เป็นขาทำหน้าที่ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซี ซึ่งโดยปกติจะอยู่กับที่ 11.0592 MHz

4. RST/VPP เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1 ให้โดยเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 แมชชีนไซเคิล นอกจากนั้นยังใช้ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการป้อนแรงดันไฟฟ้า 12.75 V เข้าที่ขานี้

5. Port 1 (P1.0 – P1.7) เป็นขาทำหน้าที่อินพุตและเอาต์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกแบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน ยกเว้น P1.0 และ P1.1 จะไม่มีตัว pull up ภายใน ซึ่งในการใช้งานจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน pull up ภายนอกเอง นอกจากนั้น P1.0 และ P1.1 ยังเป็นขาอินพุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อก (Analog Comparator) และยังเป็นพอร์ตในการส่งข้อมูลโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์อีกด้วย

6. Port 3 (P3.0 – P3.5, P3.7) เป็นขาทำหน้าที่อินพุตและเอาต์พุตกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน ส่วน P3.6 จะไม่ต่อขาออกมาภายนอก แต่จะใช้ในการอ่านสัญญาณ ผลลัพธ์เอาต์พุตของวงจร Comparator จาก P1.0 และ P1.1 นอกจากนี้ P0rt 3 ยังทำหน้าที่เป็นขาของฟังก์ชันพิเศษต่าง ๆ เช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 40 ขา ดังต่อไปนี้

6.1 P3.0/RXD รับข้อมูลแบบอนุกรม
6.2 P3.1/TXD ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
6.3 P3.2/INT0 อินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
6.4 P3.3/INT1 อินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
6.5 P3.4/T0 Timer/Counter ตัวที่ 1
6.6 P3.5/T1 Timer/Counter ตัวที่ 2

2. หลักการทำงานของชุดเครื่องจับเวลา

ชุดเครื่องจับเวลามีหลักการจากการใช้ลำแสงอินฟราเรด (Infrared) เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของวัตถุว่าเข้าถึงจุดเริ่มจับเวลาเมื่อใดและถึงจุดหยุดจับเวลาเมื่อใด โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถส่องแสงอินฟราเรดได้ชนิดเดียวกับที่อยู่ในรีโมทคอนโทรลของโทรทัศน์ซึ่งจะทำการออกแบบวงจรให้มีการส่องแสงอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลาโดยทำหน้าที่เป็นตัวส่ง และออกแบบให้มีตัวรับแสงอินฟราเรดจากตัวส่งเพื่อส่งสถานการณ์รับแสงไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการตัดสินใจในการเริ่มนับเวลานาฬิกาและหยุดนับ เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบจุดเริ่มต้นและจุดที่ต้องการจับเวลา เราจึงต้องมีตัวส่งและรับสองชุด โดยชุดแรกจะใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อเริ่มจับเวลา และอีกชุดเพื่อใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลาโดยที่เมื่อใดก็ตามที่มีวัตถุใด ๆ มาบังลำแสงไม่ให้ตกกระทบถึงตัวรับ ตัวรับจะส่งสัญญาณไปให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีวัตถุผ่านเข้ามา ทราบโดยการเขียนโปรแกรม (Program) เพื่อตรวจสอบสัญญาณจากตัวรับ ก็จะเริ่มนับเวลาจากเวลา 00.00 และนับไปเรื่อย ๆ จนกว่าวัตถุนั้นจะไปบังลำแสงที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลา ซึ่งจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการนับเวลาและแสดงเวลาที่หยุดในขณะนั้น นั่นคือเวลาความเร็วของวัตถุจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่ต้องการจับเวลาและแสดงผลที่ได้จนกระทั่งมีการกดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่

ความสามารถในการทำการทดลอง

ตามแนวปฏิรูปการศึกษาในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในด้านความสามารถนั้น ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542) ได้จำแนกผลการเรียนรู้ด้านความสามารถออกเป็นความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านการใช้อุปกรณ์ ความสามารถในการทำโครงงาน และความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการ

ความสามารถในการทำการทดลอง เป็นความสามารถที่สำคัญยิ่งในกลุ่มการเรียนรู้ด้านความสามารถ เพราะเป็นความสามารถหลักของผู้เรียนในการเข้าสู่ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ จึงควรส่งเสริมผู้เรียนให้ทำการทดลอง และได้รับการประเมินด้วยวิธีที่เหมาะสม ซึ่งความสามารถในการทำการทดลองควรได้รับการประเมินจากการปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดองค์ประกอบและเกณฑ์ในการประเมิน ซึ่งองค์ประกอบที่พิจารณา ได้แก่ ความสามารถในด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง สำหรับวิธีการให้คะแนนอาจใช้การให้คะแนนแบบมาตรประมาณค่า หรือใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2542) นักวิชาการได้ให้ความหมายของความสามารถในการทำการทดลอง หรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ความหมายทักษะปฏิบัติการ

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) กล่าวถึงทักษะการปฏิบัติจากการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของบลูม (Bloom, 1956) ดังนี้ ทักษะปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถและมีทักษะในการใช้อวัยวะเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ เข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ความสามารถด้านนี้ คือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน (เขียนเร็ว เขียนคล่องแคล่ว และเขียนถูกต้อง) ทักษะในการพิมพ์ดีด (พิมพ์เร็ว พิมพ์คล่อง พูดได้ใจความ) ทักษะในการเล่นดนตรี ทักษะในการเล่นกีฬา ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ ทักษะในการกระทำการทดลอง เป็นต้น

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) ได้กล่าวถึง ความสามารถในทางปฏิบัติว่า เป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงาน หรือภารกิจหน้าที่ด้วยการใช้สติปัญญา ความรอบรู้ ความเฉลียวฉลาด ความสุขุมรอบคอบ ตามขีดความสามารถและศักยภาพแต่ละบุคคลที่อยู่ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและสำเร็จลุล่วงได้ดีในช่วงเวลาอันสั้น โดยได้แสดงออกให้เห็นปรากฏชัดในรูปของการวางแผนการดำเนินการ การบังคับควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจัดการการบริหารงานในรูปของผลงานและผลผลิต ซึ่งความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่ความคล่องแคล่ว และชำนาญ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมด้านความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกได้จากการปฏิบัติการทดลอง การวางแผนการดำเนินการ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นธรรมชาติ ทำการประเมิน

ความสามารถในการทำการทดลอง โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและใช้แบบประเมินด้วยการให้คะแนนตามเกณฑ์รูบริค 5 ระดับ

2. โครงสร้างของพฤติกรรมการทำการทดลอง

เนื่องจากบริบทด้านเนื้อหาของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีความกว้างขวางมาก ส่วนหนึ่งมีเนื้อหาเป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยตรง ได้แก่ ความมุ่งหมายของการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติวิทยาศาสตร์ การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และข้อควรปฏิบัติในการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านทฤษฎีเกี่ยวกับการปฏิบัติได้ ส่วนบริบทที่เหลือ ได้แก่ การเก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การใช้ตู้และชั้นเก็บอุปกรณ์ การเก็บรักษาสารเคมี การเก็บรักษาเครื่องแก้วและการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้เป็นเนื้อหาของเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในวงกว้างได้ ดังนั้น เพื่อให้ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในกรอบความคิดที่แคบลง จึงเน้นเฉพาะทักษะด้านการทำการทดลองหรือความสามารถในการทำการทดลอง ซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเป็นการเฉพาะ (ณัฏฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542)

ในด้านทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำการทดลอง ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ณัฏฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542) คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานการทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การวางแผนการทดลอง การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรม หรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณา ดังนี้

2.1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง

2.1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม

2.1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสม และชัดเจน

2.1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.5 มีความตั้งใจ และทำงานอย่างมีความสุข

2.2 การปฏิบัติการทดลอง การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีพฤติกรรมย่อย ดังนี้

2.2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน

2) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
3) อ่านค่า และตรวจสอบความได้ถูกต้อง
4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย
1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ
4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย
1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
3) จัดเก็บอุปกรณ์ เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด และเรียบร้อย

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของพฤติกรรมที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลองการปฏิบัติการทดลองและจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลหลังจากนักเรียนปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละบทปฏิบัติการ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. งานวิจัยในประเทศ

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธุ์ (2553) ได้สร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดทดลองการหาแรงสู่ศูนย์กลาง สร้างชุดเซนเซอร์สำหรับวัดค่ารัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลมและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางกับความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงโดยให้มวลขนาด 29.311 กรัม คงที่ จากการทดลองพบว่าผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และชุดทดลองมีประสิทธิภาพของการใช้งานอยู่ในเกณฑ์และผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี สามารถนำไปใช้กับนักเรียนเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์มีราคาไม่แพง

อัษฎา วรรณกายนต์ (2551) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยนำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองสื่อ

ประสมมีประสิทธิภาพ 90.67/90.11 และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิศาสตร์ ปุญญา (2550) ได้พัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองเทคนิคการอินเตอร์เฟสเรื่องเทคนิคการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตและบัสมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นเป็นสื่อการสอนที่มีการออกแบบที่สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาทฤษฎีที่เรียน และชุดทดลองสามารถแสดงให้ผู้เรียนได้เห็นปรากฏการณ์จริงสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างทฤษฎีกับภาคปฏิบัติได้

ธัญญะ โพธิ์รัง (2550) ได้สร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 80 นาย ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.76/87.50 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดเห็นของนักเรียนนายร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองอยู่ในระดับมาก

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล (2548) ได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม จำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่า ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 82.65/80.18 และนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

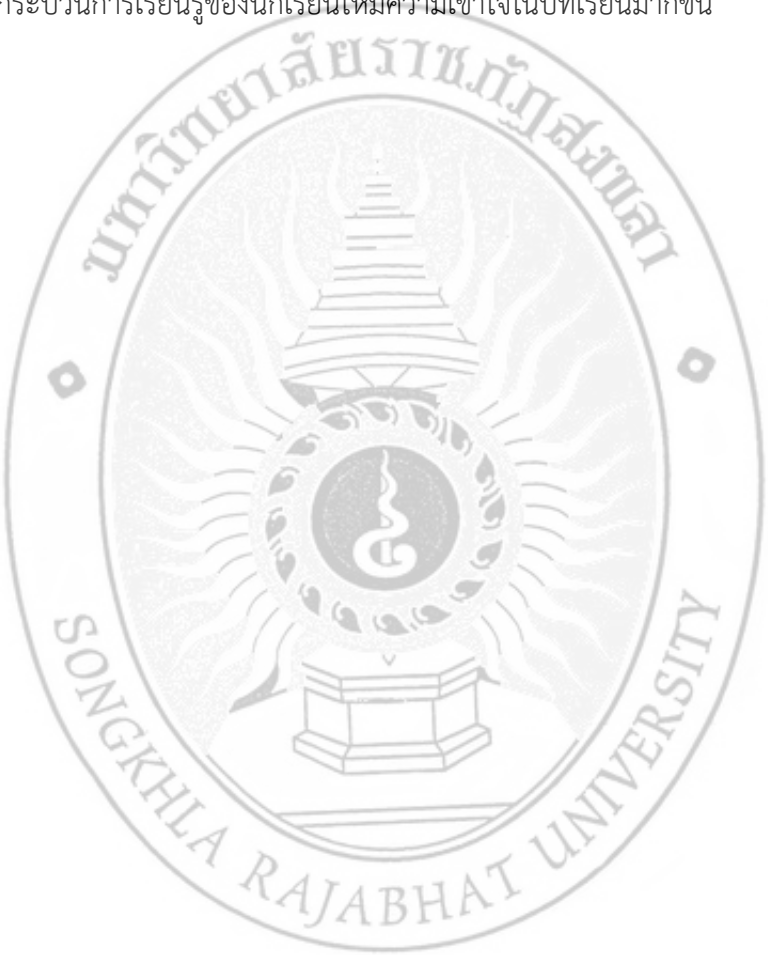
Anne J Cox และ William F Junkin (2002) ได้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ปฏิบัติการทดลองเกิดการเรียนรู้ในปริมาณเนื้อหาที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทดสอบ pretest และ posttest เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 – 100 นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนเพิ่มมากขึ้นและมีความสามารถในการส่งถ่ายความรู้ ประยุกต์หลักการสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ

Smith (1994) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สองได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่สามได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นวิธีทดสอบภาคสนามซึ่งเรียกว่า การประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบ บูรณาการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

Wolff–Michael Roth (1994) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลอง (Physics Laboratory) ในโรงเรียนมัธยม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในการเรียนโดยการทำกิจกรรมการทดลอง

จะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น เพราะการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากขึ้นเนื่องจากได้เห็นและลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งต่างประเทศและในประเทศ เกี่ยวกับการใช้สื่อการสอน พอสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีบทบาทและประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนรู้และใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งเสริมหรือถ่ายทอดไปยังผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่จะสูงกว่าการสอนแบบปกติ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงอาศัยจึงสนใจแนวคิดและหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมรายวิชากลศาสตร์ 1 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ตอน คือ การพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองกลศาสตร์ การประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้ และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาและทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์

ในการวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

1.2 ออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดทดลอง โดยกำหนดวัสดุ-อุปกรณ์ ในการสร้างให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 รายละเอียดในภาคผนวก จ

1.3 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ โดยทำการทดลอง 5 ครั้ง ต้องได้ผลการทดลองถูกต้องและเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีทุกครั้ง

1.4 สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครูผู้สอน เพื่อช่วยแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลองและความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ ซึ่งประกอบด้วย

1.4.1 คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ สำหรับผู้เรียนมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1) กิจกรรมการทดลอง
2) วัตถุประสงค์
3) อุปกรณ์
4) เวลาที่ใช้ในการทดลอง
5) ขั้นตอนการทดลอง
6) ผลการทดลอง
7) คำถามท้ายการทดลอง
8) สรุปผลการทดลอง
9) แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1.4.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับครูผู้สอนมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1) กิจกรรมการทดลอง
2) วัตถุประสงค์
3) อุปกรณ์

4) เวลาที่ใช้ในการทดลอง
5) ขั้นตอนการทดลอง
6) แนวคิดในการบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
7) แนวคิดในการตอบคำถามท้ายการทดลอง
8) เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
9) ข้อเสนอแนะ

1.5 หลังจากสร้างชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองเสร็จแล้ว ผู้วิจัยนำชุดทดลองเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธพิจารณา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

2. การประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้

ในการประเมินคุณภาพชุดทดลองครั้งนี้ได้สร้างแบบประเมินจำนวน 2 ชุด ดังนี้

2.1 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ ดำเนินการสร้างโดยการศึกษาวิธีการสร้าง ซึ่งดัดแปลงจากประนอม หมอกกระโทก (2545) แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบวิธีของลิเคิร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540) โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่าดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และต้องปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ในการประเมินครั้งนี้กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 4 ด้าน ดังนี้

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป
2.1.2 ลักษณะการใช้งาน
2.1.3 การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
2.1.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ผลการประเมินกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และผู้สอน ในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียนและผู้สอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาแนวทางวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้แก่ หนังสือ หรือเอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่าง ๆ

2.2.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียนและผู้สอน ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ กิจกรรมการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง เป็นต้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน เพื่อยอมรับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง ดี
ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง พอใช้
ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

ผลการประเมิน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองของผู้เชี่ยวชาญ กำหนดค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50 หมายถึง การประเมินผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.2.3 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษานิพนธ์ตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

2.2.4 นำคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นชุดเดียวกับการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้จริง

2.2.5 นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลองกลศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.6 นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้ประกอบกับชุดทดลอง กลศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน รวมจำนวน 9 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80 เมื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

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)

ขอบเขตตัวแปร

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชากลศาสตร์ 1 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองพร้อมคู่มือการใช้เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ และเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ จำนวน 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของความสูงต่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 2 ผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งของระบบ

การทดลองที่ 3 ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ

ขอบเขตระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับนักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 สัปดาห์ละ 4 คาบ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ รวม 8 คาบ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest – Posttest Design (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540) มีแบบแผนการทดลองดังนี้

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
(P)E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

P แทน การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

T_1 แทน การสอบก่อนเรียน (Pretest)

X แทน การเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดผล ประเมินผล และวิธีการสร้างแบบทดสอบ

1.1.2 ศึกษาผลการเรียนรู้และเนื้อหากลศาสตร์ 1 เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยแบ่งพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ - ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการนำไปใช้ และ 4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.1.3 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยสร้างให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน

1.1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัด (Index of Congruence: IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50

1.1.5 นำแบบทดสอบมาปรับปรุง แก้ไข และนำไปใช้ทดสอบกับนักเรียนที่เคยเรียนกลศาสตร์ 1 มาแล้ว จำนวน 30 คน

1.1.6 นำกระดาษคำตอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดลองใช้มาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินกว่า 1 ตัวเลือกให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจและรวมคะแนนเรียบร้อยแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อ หาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป คัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ

1.1.7 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR-20 (Kuder – Richardson 20)

1.1.8 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองที่โรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ดังนี้

1. ชี้แจงนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยพร้อมทั้งแนะนำชุดทดลองที่สร้างขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 -6 คน โดยคละนักเรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง จากนั้นให้แต่ละกลุ่มรับใบงานประกอบการทดลองศึกษาใบงานและวางแผนการทดลองในกลุ่มตนเอง จากนั้นรับอุปกรณ์แล้วทำการทดลองตามเวลาที่กำหนดครั้งละ 2 คาบ ๆ ละ 50 นาที จำนวน 8 คาบ

3. ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ และให้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

4. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองนี้กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ 1) ด้านลักษณะกายภาพทั่วไป 2) ด้านลักษณะการใช้งาน 3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และ 4) ด้านความเหมาะสมของการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ตัดสินคุณภาพของชุดทดลองที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.5 (จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ เมื่อ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง, 2 หมายถึง พอใช้, 3 หมายถึง ปานกลาง, 4 หมายถึง ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาดำเนินการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ โดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองของแต่ละการทดลองกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบทุกการทดลอง โดยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test (dependent Samples)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) คำนวณจากสูตร (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

ΣX แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของคะแนนคำนวนจากสูตร (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \overline{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน
$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในชุดนั้น
n แทน จำนวนข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ คำนวณโดยใช้สูตร (ณัฏฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง
ΣR แทน ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร (ณัฏฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542)

$$p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อคำถามแต่ละข้อ
R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกแต่ละข้อ
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$r = \frac{R_H - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left(1-\frac{\sum pq}{s_t^2}\right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ
s_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาใช้ตามเกณฑ์ 80/80

3.1 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528)

$$\frac{E_1}{E_2}$$

โดย 80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียน โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มที่ผู้เรียนต้องทำได้คิดเป็นร้อยละ 80

$$E_1 = \frac{\left[\frac{\Sigma X}{n}\right]}{A}\times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ
ΣX แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน
n แทน จำนวนนักเรียน
A แทน คะแนนเต็มของการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทุกคนที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มที่ผู้เรียนต้องทำได้คิดเป็นร้อยละ 80

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\Sigma Y}{n}\right]}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการประเมินหลังเรียนจบทุกการทดลองคิดเป็นร้อยละ

ΣY แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

4. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

4.1 การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้การทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณา t-distributions

D แทน ผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลอง

ΣD แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลอง

n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4.2 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) (เผชิญ กิจระการ, 2546)

ดัชนีประสิทธิผล = $\frac{\text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}{100 - \text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การพัฒนาและทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์
2. การประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้
3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80

การพัฒนาและทดสอบปรับเทียบชุดทดลองกลศาสตร์

ในการพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ทดสอบปรับเทียบของชุดทดลองกลศาสตร์ โดยทำการทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุและทำซ้ำ 5 ครั้ง การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 3 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

จากตาราง 3 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 รายละเอียดการคำนวณหาค่า g ในภาคผนวก ช หน้า 165 ซึ่งค่า g ที่ได้จากเครื่องมือที่ทำวิจัยคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐานนี้ ร้อยละ 5.6

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์และคู่มือการใช้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้ประเมินคุณภาพชุดทดลองและคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน รายละเอียดการประเมินดังตารางในภาคผนวก ง หน้า 142 การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 4 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**	**0.39**	**ดีมาก**

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

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ และได้นำคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ไปประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน รายละเอียดการประเมินดังตารางในภาคผนวก ง หน้า 132 ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 5 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**	**0.29**	**ดีมาก**

จากตาราง 5 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ พบว่าคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนและครู โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.57 จาก 5.00 อยู่ในระดับดีมาก

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากคำถามปลายเปิดของแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ และคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ของนักเรียนและครู สรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองกลศาสตร์
   1.1 ปรับปรุงความสวยงามของกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์
   1.2 เพิ่มความแข็งแรงของโฟโตเกท และตัวปล่อยวัตถุ
   1.3 ควรปรับระยะเซนเซอร์ให้เหมาะสม
   1.4 อุปกรณ์ควรมีป้ายชื่อบอกตามความจำเป็น
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนและครู
   2.1 เอกสาร วิธีใช้ และการดูแลรักษา ควรเพิ่มเติมรายละเอียด
   2.2 สมการบางสมการควรแสดงที่มาให้เห็นอย่างชัดเจน
   2.3 ควรจัดรูปแบบเรียงหน้า เอกสารประกอบการทดลอง และคู่มือครูให้ชัดเจน เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อย

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 80/80

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองจากการทดลองโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง กลศาสตร์ ในการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 โดยอาศัยคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนในภาคผนวก ง หน้า 148 การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 6 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**

จากตาราง 6 พบว่านักเรียนทำการทดลองทุกกิจกรรมการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.33 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตาราง 7 การเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน

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

จากตาราง 7 พบว่าร้อยละของคะแนนจากการตอบแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในภาคผนวก ง หน้า 138 ต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคผนวก ง หน้า 140 คือ 80.33/81.11 สรุปว่าประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์จากคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนด้วย เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์จากภาคผนวก ง หน้า 140 มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	30	14.13	2.40	14.30**
หลังเรียน	30	30	24.33	2.77	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 8 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 14.33 และหลังเรียนเท่ากับ 24.33 ผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองกลศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน โดยได้พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และนำชุดทดลองไปศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

สรุปผล

1. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์จากตาราง 2 เทียบกับค่า g ตามทฤษฎีมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 6.13 สรุปได้ว่า ชุดทดลองกลศาสตร์สามารถใช้ทดลองเพื่อจับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้งแนวดิ่งและแนวราบได้
2. การประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จากตาราง 3 และตาราง 4 สรุปได้ดังนี้

2.1 คุณภาพของชุดทดลองทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก

2.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนและครูอยู่ในระดับดีมาก

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษา โดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์จากตาราง 6 และตาราง 7 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80.33/81.11 ตามเกณฑ์ที่กำหนด
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนจากตาราง 8 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนร้อยละ 64 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์

1.1 การสร้าง ผู้วิจัยออกแบบชิ้นส่วน อุปกรณ์ และกำหนดวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างชุดเครื่องจับเวลาที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองกลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว ผู้วิจัยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข พบปัญหาและอุปสรรคในการสร้างดังนี้

โฟโตเกทที่สร้างขึ้น ใช้แผ่นอะคลิลิกทำเป็นตัวครอบซึ่งต้องมีความละเอียดในการตัดแต่งรูปทรงให้ได้ตามที่ต้องการ และต้องเจาะรูที่แผ่นอะคลิลิกทั้ง 2 ข้างให้ตรงกัน เพื่อให้ตัวรับและตัวส่ง

ตรงกัน โฟโตเกทจึงจะทำงานได้ แต่เนื่องจากแผ่นอะคลิลิกที่ใช้หนา 2 มิลลิเมตร ในระหว่างการเจาะจึงทำให้เกิดการแตกเสียหายได้ ผู้วิจัยจึงต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก

ขายึดโฟโตเกทที่ทำขึ้นมาไม่ค่อยแข็งแรง เมื่อยึดกับโฟโตเกทแล้วยังสามารถขยับได้ เหตุเป็นเพราะการตัดขนาดไม่เหมาะสม และแผ่นอะคลิลิกบางเกินไป จึงทำให้อุปกรณ์ไม่แข็งแรงทนทานเท่าที่ควร

ชุดเครื่องจับเวลาที่สร้างขึ้น ต้องมีการบัดกรีวงจรซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะแต่ละจุดมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้เสียเวลานาน จึงต้องอาศัยความชำนาญในการบัดกรีวงจรเป็นพิเศษ

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ เพื่อศึกษาการตกอย่างอิสระของวัตถุ จากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้งให้ผลการทดลองสอดคล้องกันคือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (g) จากการคำนวณจากข้อมูลการทดลองและข้อมูลจากทฤษฎีพบว่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากการทดลองมากกว่าค่าตามทฤษฎี สาเหตุเนื่องมาจากในช่วงที่วัตถุตกผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 ค่าความเร็วของวัตถุไม่เท่ากับศูนย์ เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ ทำให้คำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงได้ไม่ถูกต้อง แต่ถ้าหากปล่อยวัตถุให้อยู่ตรงกับโฟโตเกทตัวที่ 1 ช่วยทำให้ความเร็วต้นมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้สามารถใช้ข้อมูลมากเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ ค่าความชันที่ได้จากการทดลองคือ ค่าความเร่งโน้มถ่วงซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าตามทฤษฎี สาเหตุอีกประการหนึ่งของการทดลองคือ การวัดระยะห่างระหว่างโฟโตเกททั้งสองมีค่าคลาดเคลื่อน ผลที่ตามมาเมื่อนำมาคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนในรายวิชากลศาสตร์ 1 ได้

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์ จากการทดสอบและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

2.1 คุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.50 อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

2.1.1 ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีการออกแบบชิ้นส่วน ให้มีรูปทรงและขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถประกอบได้ง่าย ดึงดูดและเร้าความสนใจ มีความแข็งแรงทนทานอยู่ในระดับดี ในขณะทำการทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจนและการออกแบบอยู่ในระดับดี

2.1.2 ด้านลักษณะการใช้งาน การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวกและมีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดี ประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง ใช้สะดวกและมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดีมาก

2.1.3 ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหาย โดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น ๆ สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา ส่วนการจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซม สามารถจัดหาได้ง่ายอยู่ในระดับดี

2.1.4 ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ผลการประเมินผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ อยู่ในระดับดีมาก

2.2 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.57 โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง เอกสารรายงานการทดลองและคำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลองอยู่ในระดับดี ส่วนการเรียงกิจกรรมในวิธีการทดลองและกิจกรรมทำให้เกิดความคิดรวบยอดเป็นกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

จากการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 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

ด้วยเหตุผลที่กล่าวแล้วข้างต้น ทำให้ชุดทดลองกลศาสตร์เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้

3. จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งการประเมินมีความเห็นโดยภาพรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีมาก อีกทั้งชุดทดลอง

กลศาสตร์ได้ผ่านการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน จึงถือได้ว่าชุดทดลองกลศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัษฎา วรรณกายนต์ (2551) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนาน แล้วนำไปใช้ประกอบการสอน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับ ธัญญะ โพธิ์รัง (2550) ที่พบว่าชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ การสร้างเครื่องมือชุดการทดลองทางกลศาสตร์ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่สุดของงานวิจัย เนื่องจากตลอดการวิจัยชุดทดลองเป็นสื่อที่ใช้ในทุกกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน อย่างไรก็ตาม การสร้างชุดทดลองกลศาสตร์ก็ยังมีขีดจำกัดและข้อเสนอแนะต่าง ๆ สำหรับการใช้ชุดทดลองนี้และคุณลักษณะของชุดทดลองที่จะต้องคำนึงในการพัฒนาสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดของงานวิจัย
   1.1 การจัดชุดกิจกรรมต้องทำอย่างระมัดระวัง มีโอกาสจะคลาดเคลื่อนได้
   1.2 การจัดระยะในการปล่อยวัตถุมีผลต่อความเร็วต้นของวัตถุ
   1.3 ในการจับเวลา โปรแกรมจะแสดงผลเวลาแต่ต้องนำมาคำนวณหาความเร็วเอง
   1.4 ชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีคุณภาพไม่สูงพอที่จะนำมาใช้ในการจับเวลาที่ละเอียดมาก ๆ
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 ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับการทดลองอื่น ๆ ได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.

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

กิดานันท์ มลิทอง. (2540). **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธุ์. (2553). **การสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

ชาญชัย อินทรสุนานนท์. (2531). **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโน 301 "สื่อการสอน".** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชูจิต สาระภาค. (2547). **ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โช สาลีฉัน. (2528). **การสร้างอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทดแทนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.** กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

_____. (2534). **เทคโนโลยีพื้นฐานการประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). **การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2555). **เริ่มต้นเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C**. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

ธัญญะ โพธิ์รัง. (2550). **การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2552). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

บุฟผชาติ ทัฬหิกรณ์. (2552). **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

ประทีป บัญญัตินพรัตน์. (2527). **ทฤษฎีและการใช้งานวงจรดิจิตอล เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประนอม หมอกกระโทก. (2545). **การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). “หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่”. ใน **เอกสารนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 233: หน่วยศึกษานิเทศก์**. กรุงเทพมหานคร: กรมฝึกหัดครู.

เผชิญ กิจระการ. (2546). “ดัชนีประสิทธิผล” ใน **เอกสารประกอบการสอน**: ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล. (2548). **การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม**. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มนต์ชัย สิทธิจันทร์. (2547). **ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยืน ภู่วรวรรณ. (2540). **ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยเพื่อการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2532). **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

_____.(2540). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว. (2532). **กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์. (2552). **ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาการสอนฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). **การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพมหานคร: ต้นอ้อ 1999.

วิมล สำราญวานิช. (2532). **การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิศาสตร์ ปุญญา. **การพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองเทคนิคการอินเตอร์เฟส เรื่องเทคนิคการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ภายนอกพอร์ตและบัสมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2549). **เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเผยแพร่ ขยายผล และอบรมรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนา กระบวนการคิดระดับสูง**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). **เอกสารสำหรับผู้ให้การอบรมวิทยาศาสตร์ประถมศึกษาตามหลักสูตรมาตรฐานการอบรมครู (หลักสูตรกลาง) หลักสูตรที่ 3**. กรุงเทพมหานคร: Misterkopy (Thailand) Co.,Ltd.

สาโรจน์ แพงยัง. (2529). **สื่อการสอน**. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

สิปปนนท์ เกตุทัต. (2541). **การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ. 2000**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอร์รัลบุ๊คเซนเตอร์.

สมบูรณ์ สงวนญาติ. (2534). **เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร: กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.

สมหวัง ครุรัตน์. (2535). **การทำอุปกรณ์อย่างง่าย**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). **เทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อัษฎา วรรณกายนต์. (2551). **การพัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.

Bloom. (1956). **Texonomy of Educayion Objectives**. New York: David Mokay Company Inc.

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

Cox, A.J and Junkin, W.F. (2002). **Enhanced student learning in the introductory physic laboratory**. J Phys Educ. 37: (37).

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

Roth, W.M. (1994). **Experimenting in a constructivist high school physics laboratory**. J Res Sci Teach. 31: (197).

Smith, Patty Templeto. (1994). "Instruction Method Effect on Student Attitude and Achievement." **Dissertation Abstract International**. 54(7): 2528 – A.

Tracy Hood. (2012). A New Direction: **How a Compass Pointed the Way to Clearing Up an Attractive Misconception**, The Physics Teacher. 50: (398-399).

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ เกษราธิคุณ
   ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
   สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัฒนา เดชนะ
   ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
   สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
3. นางสุกัญญา จันผลช่วง
   ตำแหน่ง ครู คศ. 3
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนพัทลุง

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

ที่ ศธ 0560.06 / ว 0054

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

22 เมษายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ

ด้วย นางสาวเรวดี มานุ้ย รหัส 52G1921007 นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **“การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง”**

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. ดร.อนุมัติ เดชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ดร.สธน เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฆนัท ธาตุทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดี
โทรศัพท์/โทรสาร 0 7433 6948
http://bundit.skru.ac.th/
www.facebook.com/gsskru

ที่ ศธ 0560.06 / ว 0054

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

22 เมษายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสุกัญญา จันผลช่วง

ด้วย นางสาวเรวดี มานุ้ย รหัส 52G1921007 นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **“การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง”**

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. ดร.อนุมัติ เดชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ดร.สธน เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฆนัท ธาตุทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดี
โทรศัพท์/โทรสาร 0 7433 6948
http://bundit.skru.ac.th/
www.facebook.com/gsskru

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา บัณฑิตวิทยาลัย **โทร.** 246

ที่ บวล. 0481 / 2557 **วันที่** 22 เมษายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา เดชนะ

ด้วย นางสาวเรวดี มานุ้ย รหัส 52G1921007 นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **“การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง”**

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. ดร.อนุมัติ เดชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ดร.สธน เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี **จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฆนัท ธาตุทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง

แบบประเมินนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์

คำชี้แจง: แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและสาขาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ
2. ลักษณะการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองกลศาสตร์

<u>ตอนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย √ ลงในกรอบ ❑ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1.ชื่อ.....นามสกุล.....

2. ระดับการศึกษา

- ❑ ปริญญาตรี
- ❑ ปริญญาโท
- ❑ ปริญญาเอก
- ❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน ❑ วิชาฟิสิกส์ ❑วิทยาศาสตรศึกษา จำนวน.....ปี

4.ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

<u>ตอนที่ 3</u> ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษาและสาขาวิชาที่ เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลองเรื่องกลศาสตร์

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1.แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ

2. โปรดเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็น ของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก	หมายถึง	5
ผลการประเมินอยู่ในระดับดี	หมายถึง	4
ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง	หมายถึง	3
ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้	หมายถึง	2
ผลการประเมินอยู่ในระดับ	หมายถึง	1

ตาราง 9 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกลศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
1.ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน					
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย					
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ					
1.4 มีรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน					
1.5 อุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงผลได้ชัดเจน					
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก					
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง					
2.3 สามารถทำได้หลายการทดลอง					
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง					
2.5 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง					
3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา					
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก					
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย					
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆเสียหาย					
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน					
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม					
4.4 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้					

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์
และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

คำชี้แจง **แบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ตอน**

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียน
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับครู

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

กรุณาเขียนเครื่องหมาย √ ลงในกรอบ ❑ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และเติมข้อความในช่องว่าง

1. **ชื่อ**.....
   นามสกุล.....
2. **ระดับการศึกษา**
   - ❑ ปริญญาตรี
   - ❑ ปริญญาโท
   - ❑ ปริญญาเอก
   - ❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน ❑ วิชาฟิสิกส์ ❑วิทยาศาสตรศึกษา จำนวน.....ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน
   ตำแหน่ง.....
   สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาเกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์

<u>คำชี้แจงในการตอบแบบประเมิน</u>

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินในระดับดีมาก	หมายถึง	5
ผลการประเมินในระดับดี	หมายถึง	4
ผลการประเมินในระดับปานกลาง	หมายถึง	3
ผลการประเมินในระดับพอใช้	หมายถึง	2
ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง	หมายถึง	1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตาราง 10 แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียน					
1.1 คู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีการทดลองได้เหมาะสม					
1.5 มีกิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด					
1.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง					
1.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง					
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง					
1.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น					

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับครู					
2.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
2.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน					
2.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน					
2.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จัดทำโดย
นางสาวเรวดี มานุ้ย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

คำนำ

ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง และส่งเสริมการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนฉบับนี้เน้นการปฏิบัติการทดลอง เรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุและผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ

ในคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยวิธีการใช้และการดูแลรักษาชุดทดลอง และมีกิจกรรมการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองประกอบด้วย ชื่อการทดลอง วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ ทฤษฎี ขั้นตอนการทดลอง แบบรายงานการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ การคิด และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

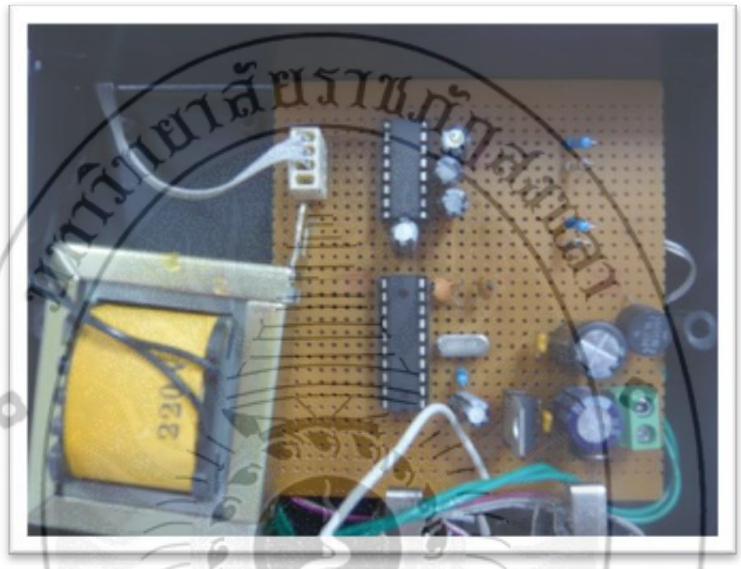
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีการใช้และดูแลรักษาชุดทดลองกลศาสตร์

การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ในครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำอุปกรณ์ชุดนี้ไปใช้ร่วมกับการทดลองได้หลายการทดลอง

ชุดเครื่องจับเวลามีส่วนประกอบ 2 ส่วนดังนี้

1. กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย หม้อแปลง และแผงวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 ที่ทำหน้าที่ตามคำสั่งให้เริ่มจับเวลาเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกท



ภาพ 4 อุปกรณ์ในกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์

2. โฟโตเกท เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ โดยมีวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด โดยขณะที่ตรวจพบแสงอินฟราเรดเอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 5 โวลต์ หรือ “ON” และเมื่อตรวจไม่พบแสงอินฟราเรดหรือมีวัตถุมาบังลำแสงเอาไว้เอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 0 โวลต์ หรือ “OFF”

ภาพ 5 โฟโตเกท

หลักการทำงานของชุดเครื่องจับเวลา

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ AT89C2051 จะทำการตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดว่ามีวัตถุมาบังลำแสงจากตัวส่งหรือไม่ ถ้าไม่มีวัตถุใด ๆ มาบังแสงก็จะยังไม่มีการนับเวลา แล้วกลับมาตรวจสอบอีกและจะวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ไม่มีแสงมาตกกระทบตัวรับแสง จะทำให้ AT89C2051 ตรวจพบและรู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุดเริ่มต้นจะทำให้มันเริ่มต้นการนับเวลาและแสดงผลเวลาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมวิชวลเบสิค

หมายเหตุ AT89C2051 หมายถึง ไอซีประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ตามคำสั่งที่เราได้เขียนโปรแกรมสั่งให้ทำตามที่เราต้องการ

การติดตั้งและวิธีใช้ชุดเครื่องจับเวลา

1. ก่อนจะเปิดเครื่องจะต้องต่อ หรือตรวจสอบขั้วของสายนำสัญญาณตัวส่งและตัวรับให้ถูกต้อง
2. เสียบโฟโตเกททั้งสองที่กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ และต่อพอร์ตอนุกรมเข้ากับ ET USB-RS232 Mini เข้ากับคอมพิวเตอร์
3. กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับไฟ 220 V และปรับแรงดันให้เหลือ 5V เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงในวงจร
4. เมื่อต่ออุปกรณ์เรียบร้อยก็เริ่มทำการทดลอง เครื่องจับเวลาจะเริ่มทำงานและแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ (Free falling object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากการทดลอง
2. เพื่อให้เกิดทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ การบันทึกผลการทดลองตามหลักนัยสำคัญ การวิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดการตกอย่างอิสระของวัตถุ
   1.1 ขาตั้งปรับระดับได้
   1.2 ชุดเครื่องจับเวลา
2. มวลชนิดทรงกลมตัน

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ทฤษฎี

วัตถุที่ถูกโยนขึ้นหรือปล่อยให้ตกลงตามแนวดิ่ง ภายใต้แรงดึงดูดของโลกอย่างเดียว เรียกว่าการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งอย่างอิสระ ที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง โดยมีความเร่งสู่ศูนย์กลางของโลกหรือความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก โดยในบริเวณที่ใกล้ผิวโลก ค่าความเร่งดังกล่าวมีค่าประมาณ 9.80 เมตรต่อวินาที^{2} ทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก ความเร่งดังกล่าวนี้ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $\bar{g}$ ดังนั้นแรงที่เกิดขึ้นจากความเร่งดังกล่าวคือ $m\bar{g}$ ซึ่งก็คือน้ำหนักของวัตถุ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ในทางทฤษฎีนั้นวัตถุที่ตกอย่างอิสระจะใช้เวลาในตกเท่ากัน ไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีมวลเท่าใดและรูปทรงเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2 \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ s คือ ขนาดของการกระจัด (เมตร)

u คือ ความเร็วต้น (เมตรต่อวินาที)

g คือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที^{2})

t^2 คือ เวลา (วินาที)

วัตถุตกอย่างอิสระ ; $u = 0\,\text{m/s}$

จะได้ $s = \frac{1}{2}gt^2$ ..... (2)

จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ ..... (3)

เมื่อ m คือ ความชันของกราฟ

c คือ จุดตัดแกน y ซึ่งกรณีนี้ $c = 0$

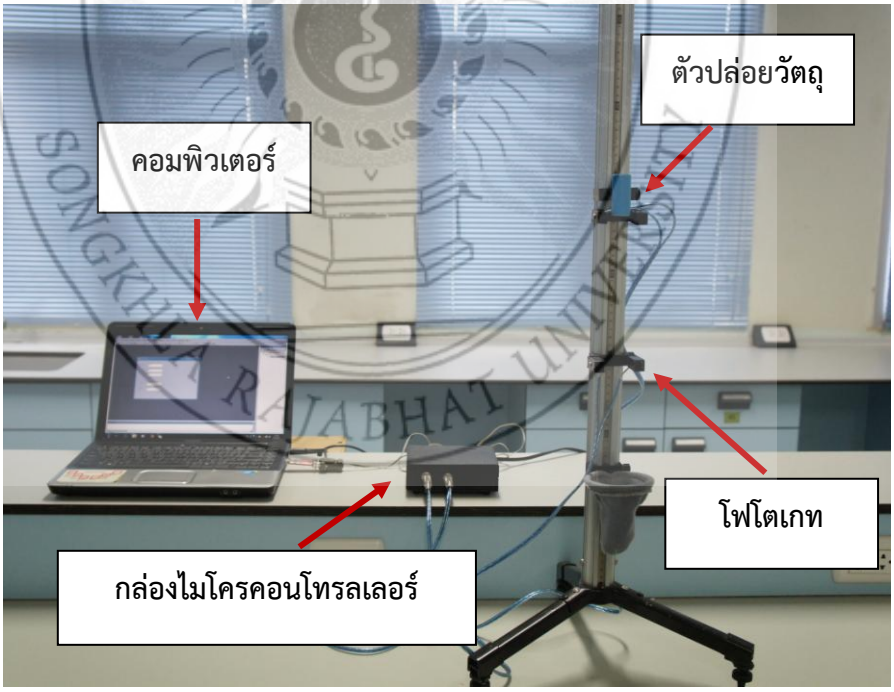
จากสมการ (2) และ (3) ; $y = s$, $m = \frac{1}{2}g$, $m = \frac{1}{2}g$

จะได้ว่า $s \ \alpha \ t^2$

แต่ในทางปฏิบัตินั้นจะมีแรงต้านอากาศเกิดขึ้นซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามรูปทรงและมวลของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปล่อยวัตถุให้ตกจากที่ความสูงค่าหนึ่ง อ่านค่าที่ได้จากเครื่องบันทึกเวลา และบันทึกค่าที่ได้
2. ทำการทดลองโดยเปลี่ยนระยะการตกของวัตถุที่แตกต่างกัน 5 ค่า โดยแต่ละค่าทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง
3. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่บันทึกได้ในการทดลองแต่ละระยะความสูง



ภาพ 6 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ

4. หาค่า $\frac{t^2}{2}$ ในการทดลองแต่ละครั้ง เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ โดยให้ s อยู่บนแกนตั้งและ $\frac{t^2}{2}$ อยู่บนแกนนอน

5. ตอบคำถามท้ายการทดลอง สรุปผลการทดลอง และทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

รายงานผลการทดลอง

เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ (Free falling object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

ชื่อผู้ทำการทดลอง 1. .....ชั้น.....เลขที่.....

2. .....ชั้น.....เลขที่.....

3. .....ชั้น.....เลขที่.....

4. .....ชั้น.....เลขที่.....

5. .....ชั้น.....เลขที่.....

วัตถุประสงค์

.....

.....

.....

.....

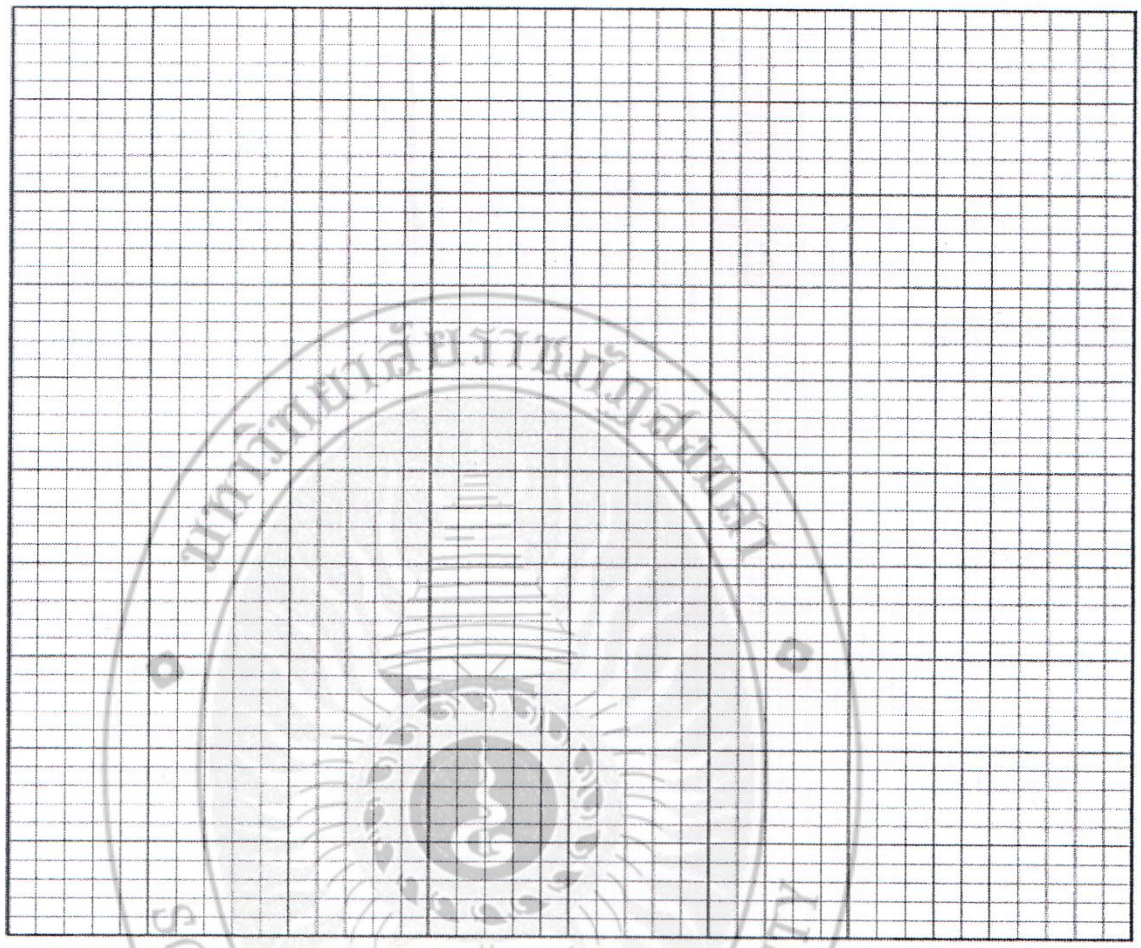
.....

.....

ตารางแสดงผลการทดลอง

ระยะการตกของวัตถุ (m)	เวลา t (s)							t^2	$\frac{t^2}{2}$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	S.D.		

กราฟ



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

   .....

   .....

   .....

2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ เป็นอย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

.....

.....

.....

4. ในการทดลองดังกล่าวค่าความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

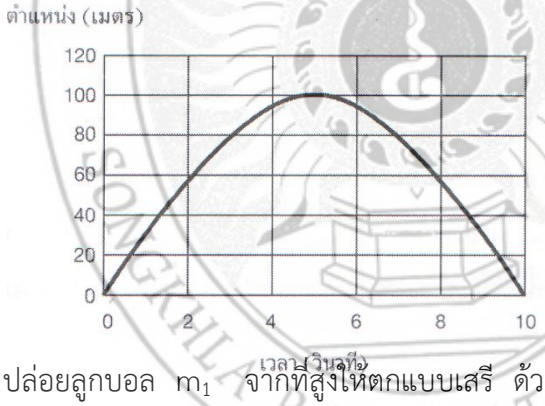
แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. การเคลื่อนที่ของวัตถุในข้อใดต่อไปนี้ไม่เป็นการตกแบบเสรี เมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ
   1. โยนลูกบอลขึ้นไปในแนวดิ่ง
   2. วัตถุผูกติดปลายสปริงสั่นขึ้นลงในแนวดิ่ง
   3. ปล่อยก้อนหินจากหน้าผาให้ตกลงมาในแนวดิ่ง
   4. ใช้หนังสติ๊กยิงลูกหินจากดาดฟ้าตึกสูงออกไปในแนวระดับ

2. ลูกบอล A มีมวลเป็น 2 เท่าของลูกบอล B ปล่อยลูกบอลทั้งสองให้ตกอย่างอิสระพร้อมกัน จากความสูงเดียวกัน ถ้าไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ ข้อใดกล่าว **ไม่** ถูกต้อง
   1. ลูกบอลทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน
   2. ลูกบอลทั้งสองมีความเร่งคงตัว
   3. ลูกบอลทั้งสองลอยอยู่ในอากาศนานเท่ากัน
   4. ลูกบอล A มีความเร็วมากกว่าลูกบอล B

3. โยนก้อนหินตรงขึ้นไปในแนวดิ่งบนดาวดวงหนึ่งซึ่งมีค่าความโน้มถ่วงไม่เท่ากับโลก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งก้อนหินจากพื้นกับเวลาเป็นดังรูป ค่าความโน้มถ่วงของดาวดวงนี้เป็น กี่เมตรต่อวินาที^{2}



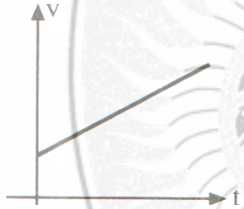
   1. 5
   2. 8
   3. 10
   4. 20

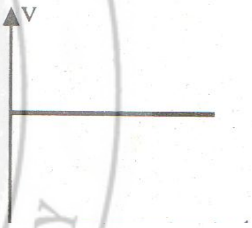
4. ปล่อยลูกบอล m_1 จากที่สูงให้ตกแบบเสรี ด้วยความเร่ง a_1 ขณะเดียวกันก็โยนลูกบอล m_2 ด้วยความเร่ง a_2 ถ้าไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ ข้อใด **ถูกต้อง**
   1. ขนาดของ a_1 มากกว่า a_2
   2. ขนาดของ a_1 น้อยกว่า a_2
   3. ความเร่ง a_1 เท่ากับ a_2
   4. ขนาดของ a_1 เท่ากับ a_2 แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

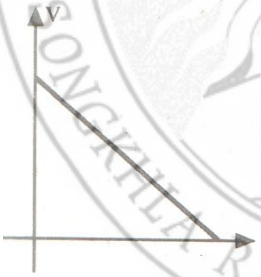
5. โยนลูกบอลลูกแรกจากที่สูงขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยอัตราเร็วต้นค่าหนึ่ง ในขณะเดียวกันก็ขว้างลูกบอลลูกที่สองที่มีมวลมากกว่าลูกแรกลงมาในแนวดิ่งด้วยอัตราเร็วต้นเท่ากันกับลูกแรก ถ้าไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ ข้อใดกล่าว **ถูกต้อง**
   1. ลูกบอลทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากัน
   2. ลูกบอลทั้งสองตกกระทบพื้นพร้อมกัน
   3. ลูกบอลทั้งสองตกกระทบพื้นด้วยความเร็วเท่ากัน
   4. ลูกบอลลูกที่สองตกกระทบพื้นด้วยความเร็วมากกว่าลูกแรก

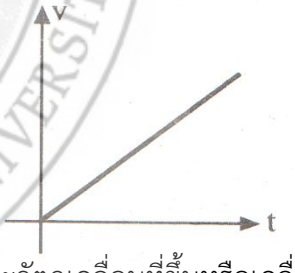
6. โยนวัตถุหนึ่งขึ้นไปในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อไปถึงจุดสูงสุด ข้อใดกล่าว **ถูกต้อง**
   1. วัตถุมีความเร็วปลายเป็นศูนย์ และความเร่งเป็นศูนย์
   2. วัตถุมีความเร็วปลายเป็นศูนย์ และมีความเร่งเท่ากับ g
   3. วัตถุมีความเร่งเป็นศูนย์
   4. วัตถุมีการกระจัดเป็นศูนย์

7. กราฟในข้อใดเป็นการปล่อยให้วัตถุตกแบบเสรี

   1.
   

   2.
   

   3.
   

   4.
   

8. ในการตกแบบเสรีของวัตถุ ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศขณะวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นหรือเคลื่อนที่ลงตามแนวดิ่ง ปริมาณในข้อใดต่อไปนี้มีค่าคงตัว
   1. ความเร่ง
   2. ความเร็วต้น
   3. ความเร็วปลาย
   4. ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง

9. เมื่อปล่อยวัตถุที่ความสูงต่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (s) กับเวลา (t) เป็นไปตามสมการในข้อใด

   1. $s \propto t$ 2. $s \propto \frac{1}{t}$

   3. $s \propto t^2$ 4. $s \propto \frac{1}{t^2}$

10. จากการทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของมวลต่อความเร่งโน้มถ่วงของโลก เมื่อปล่อยวัตถุจากที่ระดับความสูงเดียวกัน ข้อใดสรุปได้ **ถูกต้อง**
    1. วัตถุที่มีมวลต่างกันตกถึงพื้นพร้อมกัน
    2. วัตถุที่มีมวลมากกว่าตกถึงพื้นเร็วกว่า
    3. วัตถุที่มีมวลมากกว่าตกถึงพื้นช้ากว่า
    4. วัตถุที่มีมวลน้อยกว่าตกถึงพื้นเร็วกว่า

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

เรื่อง ผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

(The effect of mass and force on the acceleration of object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของมวล และแรงลัพธ์ที่กระทำต่อความเร่งของวัตถุ
2. เพื่อให้เกิดทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ การบันทึกผลข้อมูลตามหลักของเลขนัยสำคัญ การวิเคราะห์ผลทดลองจากกราฟ การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดรางลมพร้อมรอก 1 ชุด
2. เครื่องปั๊มลม 1 เครื่อง
3. โฟโตเกทพร้อมที่ยึดจับ 2 ชุด
4. เครื่องบันทึกเวลา 1 เครื่อง
5. รถทดลองคันใหญ่และคันเล็ก อย่างละ 1 คัน
6. จานรองมวล พร้อมแผ่นมวลสำหรับเพิ่มน้ำหนักถ่วง 5 ค่า
7. Glider ชนิด 2 แถบ
8. เครื่องชั่ง 1 เครื่อง

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 200 นาที (4 คาบ)

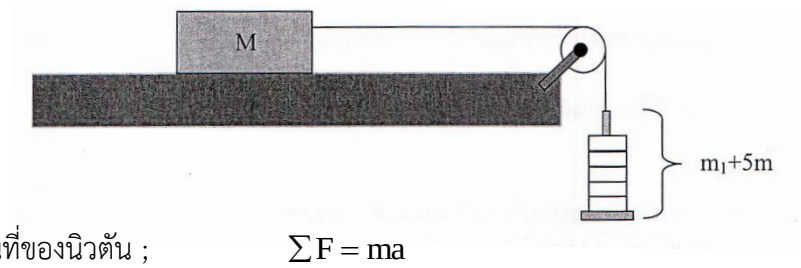
ทฤษฎี

เมื่อมีแรงลัพธ์เรื่องจากแรงภายนอก $\vec{F}$ มากระทำกับวัตถุมวล m ผลของแรงดังกล่าวทำให้วัตถุมีความเร่ง $\vec{a}$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน คือ

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

จากสมการข้างต้น จะพบว่า แรงลัพธ์เนื่องจากแรงภายนอก แปรผันตรงกับ ความเร่ง ในขณะที่มวลของวัตถุ จะแปรผกผันกับค่าความเร่งของวัตถุ

ตัวอย่างสถานการณ์ที่สามารถคำนวณโดยใช้กฎข้องที่สองของนิวตัน คือ ระบบรอกที่ประกอบด้วยรถมวล M กิโลกรัม วางบนรางลม ผูกติดเชือก โดยปลายอีกด้านหนึ่งของเชือกผูกติดกับแผ่นจานรองมวล m_1 และมวลแต่ละชิ้นที่มีค่า m กิโลกรัม วางบนแผ่นจานรอง ดังรูป



จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ; $\sum F = ma$

$$(m_1+5m)g - T = (m_1+5m)a \quad \text{.....(1)}$$

$$T = Ma \quad \text{.....(2)}$$

(1) + (2) ; $(m_1+5m)g = (M+m_1+5m)a$

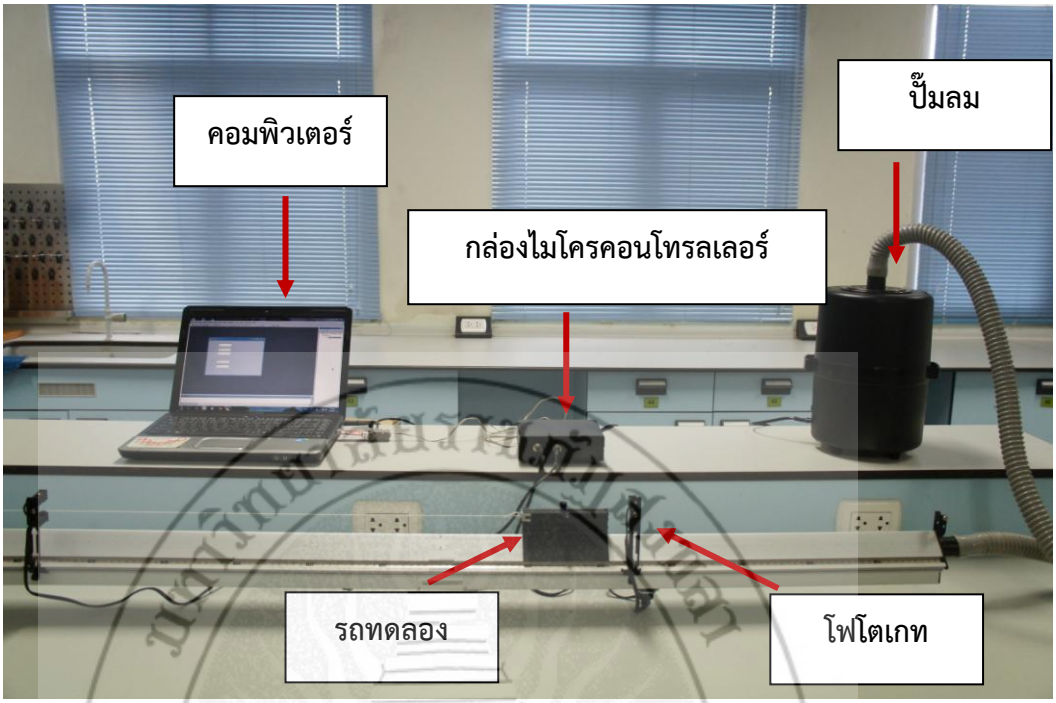
$$a = \frac{(m_1+5m)g}{(M+m_1+5m)} \text{ m/s}^2$$

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งระบบ (แรงลัพธ์ที่กระทำต่อระบบมีค่าคงที่)

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางแผนการทดลอง โดยเลือกรถทดลองขนาดเล็ก รถทดลองขนาดใหญ่ Glider พร้อมที่ยึด และแผ่นมวลที่เพิ่มบนรถทดลอง จำนวน 2 ชิ้น แผ่นจานรองและมวลที่ใช้วางบนแผ่นจานรองจำนวน 3 ชิ้น ชั่งมวลต่าง ๆ เหล่านี้และบันทึกผลการทดลองที่ได้
2. เลือก Glider ชนิด 2 แถบ ที่มีขนาดระยะห่างน้อยที่สุด วัดระยะห่างของแถบทั้งสองของ Glider บันทึกค่าที่วัดได้
3. จัดการทดลองให้เป็นไปตามรูปข้างต้น โดยใช้รถทดลองขนาดเล็ก ผูกติดกับเชือกคล้องผ่านรอก ปลายอีกด้านหนึ่งของเชือกผูกติดกับแผ่นจานรองและมวล 3 ชิ้น กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วของวัตถุจำนวน 2 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งโฟโตเกท)



ภาพ 7 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

4. ปล่อยให้ระบบเคลื่อนที่ บันทึกค่าของเวลาที่อ่านได้จากโฟโตเกทตัวที่ 1 (t_1) โฟโตเกทตัวที่ 2 (t_2) และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากโฟโตเกทตัวที่ 1 ไปยังโฟโตเกทตัวที่ 2 (t_{1-2}) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. เพิ่มมวลของรถทดลอง โดยการเพิ่มแผ่นมวลอีกหนึ่งชิ้นยึดติดกับรถทดลอง ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองข้อที่ 4
6. เปลี่ยนขนาดของรถทดลองเป็นรถทดลองขนาดใหญ่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 4 ถึงข้อที่ 6
7. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้ในแต่ละเงื่อนไขของมวลรถทดลองที่เปลี่ยนไป
8. คำนวณค่าขนาดของความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 จากสูตร v1 = (ระยะห่างของแถบ Glider / t_1) และค่าขนาดความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 2 จากสูตร (ระยะห่างของแถบ Glider /)
9. คำนวณหาค่าขนาดของความเร่งของระบบ โดยใช้สูตร $a = (v2 - v1) / (t_{1-2})$
10. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (1 / มวลของระบบ) ในแนวแกน x กับค่าความเร่งของระบบในแนวแกน y วิเคราะห์กราฟที่ได้ โดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ (มวลของระบบมีค่าคงที่)

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางแผนการทดลอง โดยเลือกรถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด แผ่นจานรองและมวลที่ใช้วางบนแผ่นจานรองจำนวน 5 ชิ้น ชั่งมวลต่าง ๆ เหล่านี้และบันทึกผลการทดลองที่ได้
2. เลือก Glider ชนิด 2 แถบ ที่ใช้ในการทดลอง โดยเลือก Glider ที่มีขนาดของระยะห่างน้อยที่สุด วัดระยะห่างของแถบทั้งสองของ Glider บันทึกค่าที่วัดได้
3. จัดการทดลองให้เป็นไปตามรูปข้างต้น โดยใช้รถทดลองขนาดเล็ก และมวลทั้ง 5 ชิ้นวางบนแผ่นจานรอง กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วของวัตถุจำนวน 2 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งโฟโตเกท)
4. ปล่อยให้ระบบเคลื่อนที่ บันทึกค่าของเวลาที่อ่านได้จากโฟโตเกทตัวที่ 1 (t_1) โฟโตเกทตัวที่ 2 (t_2) และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากโฟโตเกทตัวที่ 1 ไปยังโฟโตเกทตัวที่ 2 (t_{1-2}) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. นำมวล 1 ชิ้น วางบนแผ่นจานรองออกมายึดติดกับรถทดลอง ทำการทดลองข้อที่ 4
6. นำมวลอีก 1 ชิ้นที่วางบนแผ่นจานรองออกมายึดติดกับรถทดลอง การทดลองข้อที่ 4 ทำซ้ำในทำนองเดียวกัน จนไม่มีมวลวางบนแผ่นจานรอง
7. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้ในแต่ละเงื่อนไขของมวลบนแผ่นจานรองที่เปลี่ยนไป
8. คำนวณค่าขนาดของความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 จากสูตร v1 = (ระยะห่างของแถบ Glider / t_1) และโฟโตเกทตัวที่ 2 จากสูตร v2 = (ระยะห่างของแถบ Glider/ t_2)
9. คำนวณหาค่าขนาดของความเร่งของระบบ จากสูตร $a = (v2 - v1) / (t_{1-2})$
10. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์ที่กระทำกับระบบ กับ ความเร่งของระบบ วิเคราะห์กราฟที่ได้โดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟ

รายงานผลการทดลอง

เรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

ชื่อผู้ทำการทดลอง 1. .....ชั้น.....เลขที่.....

2. .....ชั้น.....เลขที่.....

3. .....ชั้น.....เลขที่.....

4. .....ชั้น.....เลขที่.....

5. .....ชั้น.....เลขที่.....

วัตถุประสงค์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 1 ผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งของระบบ

ตารางข้อมูลของมวลที่ได้จากการชั่ง

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่ามวลที่ได้ (กิโลกรัม)				S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
รถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด					
รถทดลองขนาดใหญ่ Glider พร้อมที่ยึด					
มวลติดรถอันที่ 1					
มวลติดรถอันที่ 2					
มวลทั้งหมดที่ใช้แขวน (แผ่นจาน + 3 มวล)					

ระยะห่างของแถบ Glider = ... ± .....เซนติเมตร

ตารางข้อมูลของเวลาที่วัดได้จากการทดลอง

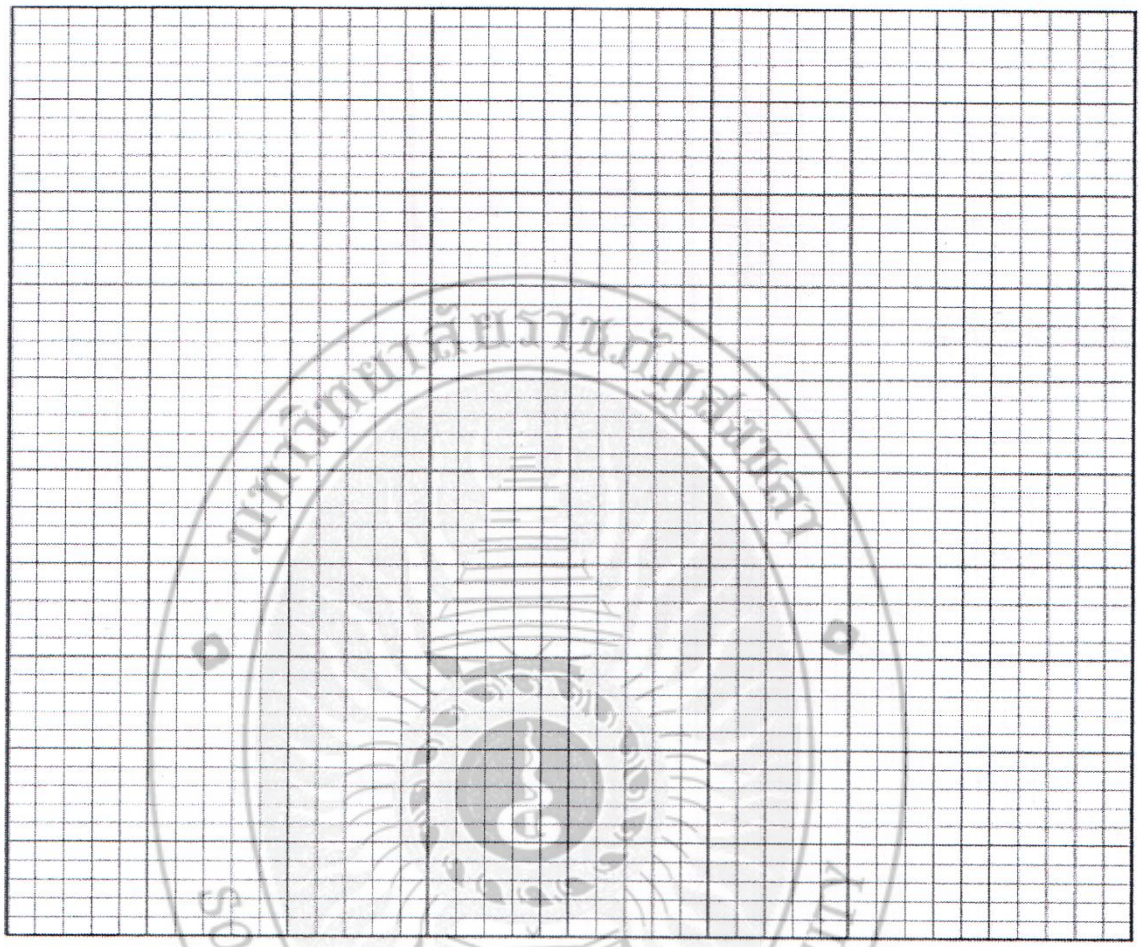
วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่าเวลาที่บันทึกได้ (มิลลิวินาที)								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ย		
	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}
รถเล็ก									
รถเล็ก + 1 มวล									
รถเล็ก + 2 มวล									
รถใหญ่									
รถใหญ่ + 1 มวล									
รถใหญ่ + 2 มวล									

ตารางข้อมูลของมวลระบบกับความเร่งระบบที่ได้จากการทดลอง

ระบบ	1/มวลระบบ (กิโลกรัม$^{-1}$)	ความเร็วต้น v_1 (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วปลาย v_2 (เมตรต่อวินาที)	ความเร่งของระบบ (เมตรต่อวินาที^{2})
รถเล็ก				
รถเล็ก + 1 มวล				
รถเล็ก + 2 มวล				
รถใหญ่				
รถใหญ่ + 1 มวล				
รถใหญ่ + 2 มวล				

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กราฟ



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

   .....

   .....

   .....

2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง a กับ $\frac{1}{m}$ เป็นอย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

.....

.....

.....

4. ในการทดลองดังกล่าวค่าความคลาดเคลื่อนของมวลที่ได้จากความชันของกราฟเปรียบเทียบกับมวลของระบบเป็นเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

การทดลองที่ 2 ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่ามวลที่ได้ (กิโลกรัม)				S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
รถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด					
มวลของแผ่นจานรอง					
มวลชิ้นที่ 1					
มวลชิ้นที่ 2					
มวลชิ้นที่ 3					
มวลชิ้นที่ 4					
มวลชิ้นที่ 5					
มวลทั้งหมดของระบบ					

ระยะห่างของแถบ Glider = ... ± .....เซนติเมตร

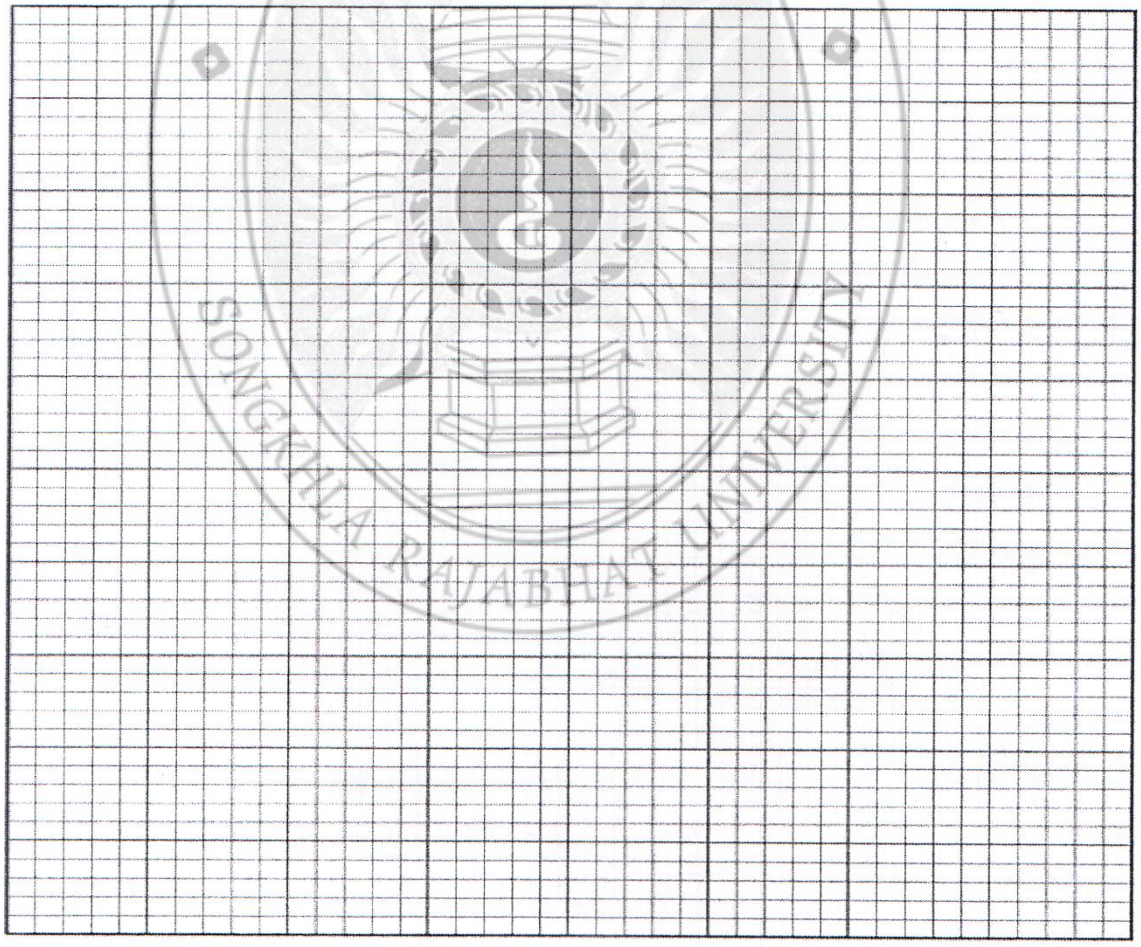
ตารางข้อมูลของเวลาที่วัดได้จากการทดลอง

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่าเวลาที่บันทึกได้ (มิลลิวินาที)								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ย		
	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}
จานรอง + 5 มวล									
จานรอง + 4 มวล									
จานรอง + 3 มวล									
จานรอง + 2 มวล									
จานรอง + 1 มวล									
จานรอง									

ตารางข้อมูล แรงลัพธ์กับความเร่งของระบบที่ได้จากการทดลอง

ระบบ	1/มวลระบบ (กิโลกรัม$^{-1}$)	ความเร็วต้น v1 (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วปลาย v2 (เมตรต่อวินาที)	ความเร่งของระบบ (เมตรต่อวินาที^{2})
จานรอง + 5 มวล				
จานรอง + 4 มวล				
จานรอง + 3 มวล				
จานรอง + 2 มวล				
จานรอง + 1 มวล				
จานรอง				

กราฟแสดงผลการทดลอง



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

   .....

   .....

   .....

2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ a เป็นอย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

   .....

   .....

   .....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

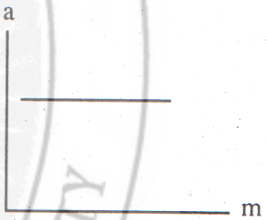
แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ

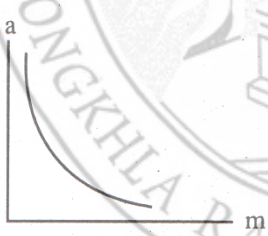
คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

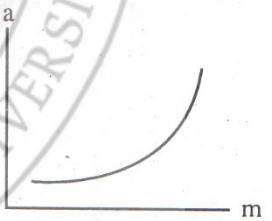
1. สิ่งที่เป็นต้นเหตุที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนความเร็ว คือข้อใด
   1. แรงลัพธ์ 2. มวล
   3. ความเร็ว 4. ความเร่ง

2. จากข้อความต่อไปนี้
   ก. ลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงด้วยความเร็วคงที่
   ข. ก้อนหินตกลงมาอย่างเสรี
   ค. วัตถุกำลังเคลื่อนที่บนผิววัตถุลื่นโดยแรงลัพธ์เป็นศูนย์
   ง. ลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น
   ข้อใดมีความเร่งเป็นศูนย์
   1. ก และ ข 2. ข และ ค
   3. ค และ ง 4. ก และ ค

3. บนพื้นที่ไม่มีความเสียดทาน ถ้าใช้แรงคงที่กระทำกับมวลขนาดต่าง ๆ กัน ทำให้มวลมีความเร่งขนาดต่าง ๆ กัน ถ้าเขียนกราฟระหว่างความเร่ง a กับ มวล m จะได้ดังรูปใด
   1.

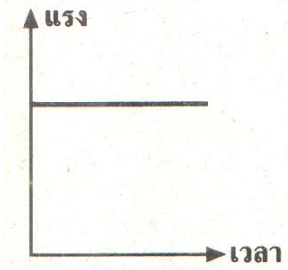
   2. 

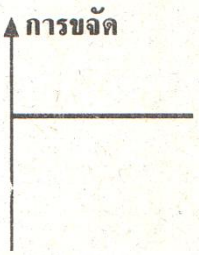
   3. 

   4. 

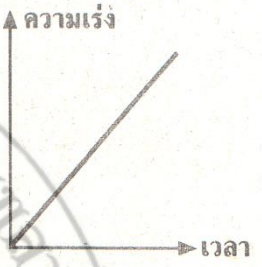
4. เด็กคนหนึ่งออกแรงผลักลังที่ตั้งอยู่บนพื้นเอียงอย่างต่อเนื่อง ปรากฏว่าลังสามารถเคลื่อนที่ได้และเปลี่ยนรูปร่างแต่ยังคงเคลื่อนที่ไปได้ด้วยความเร่งค่าหนึ่ง เราสามารถใช้กฎของนิวตันข้อใดมาอธิบายปรากฏการณ์นี้
   1. กฎข้อ 1 2. กฎข้อ 2
   3. กฎข้อ 3 4. ผิดทุกข้อ

5. กราฟในข้อใดที่แสดงถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

1. 

2. 

3.

4. 

6. จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ถ้า F แทนขนาดของแรง a แทนขนาดของความเร่ง และ m แทนขนาดของมวลวัตถุ ความสัมพันธ์ในข้อใด **ถูกต้อง**

1. a α Fm
2. F α ma
3. m α Fa
4. F α m/a

7. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์
และแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ

ข. ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นในทิศตรงข้าม แต่มีขนาดเท่ากัน

ค. สมบัติของวัตถุที่ต่อต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า ความเฉื่อย

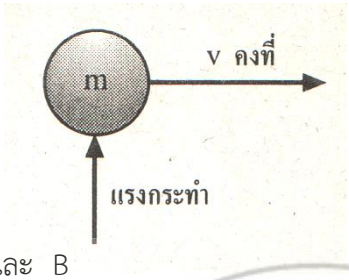
ข้อใดกล่าว **ถูกต้องที่สุด**

1. ข้อ ก และข้อ ข
2. ข้อ ข และข้อ ค
3. ข้อ ก , ข และข้อ ค
4. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

8. รถ A ลากจูงรถ B ขณะที่ลากจูงมา รถ A กำลังแล่นด้วยความเร่งคงที่ไปบนถนนแนวราบ แรงที่รถ A กระทำต่อรถ B จะเป็นอย่างไร

1. เท่ากับแรงที่รถ B กระทำต่อรถ A
2. น้อยกว่าแรงที่รถ B กระทำต่อรถ A
3. มากกว่าแรงที่รถ B กระทำต่อรถ A
4. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

9. ถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ต่อมาเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะมีผลในข้อใดเกิดขึ้น



A. เกิดการเปลี่ยนทิศทาง
B. เกิดการเปลี่ยนความเร็ว
C. เกิดความเร่ง

1. A และ B
2. B และ C
3. A และ C
4. A , B และ C

10. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนพื้นลื่น เมื่อได้รับแรง 2 นิวตันมากระทำ จะเกิดผลอย่างไร
    1. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 m/s^2 โดยความเร่งมีทิศเดียวกับทิศของแรง
    2. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 m/s^2 โดยความเร่งมีทิศตรงข้ามกับทิศของแรง
    3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 0.5 m/s^2 โดยความเร่งมีทิศเดียวกับทิศของแรง
    4. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 0.5 m/s^2 โดยความเร่งมีทิศตรงข้ามกับทิศของแรง

คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับครู

จัดทำโดย
นางสาวเรวดี มานุ้ย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

คำนำ

ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง และส่งเสริมการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนฉบับนี้เน้นการปฏิบัติการทดลอง เรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุและผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ

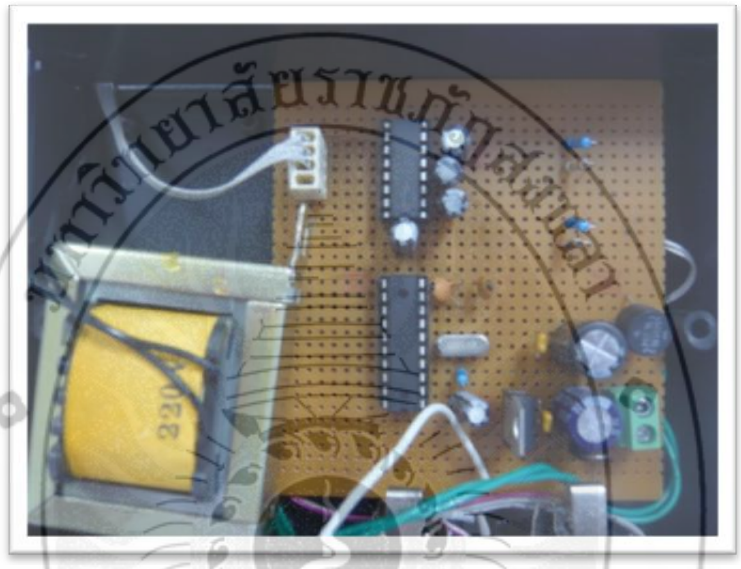
ในคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยวิธีการใช้และการดูแลรักษาชุดทดลอง และมีกิจกรรมการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองประกอบด้วย ชื่อการทดลอง วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ ทฤษฎี ขั้นตอนการทดลอง แบบรายงานการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ การคิด และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีการใช้และดูแลรักษาชุดทดลองกลศาสตร์

การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์ในครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำอุปกรณ์ชุดนี้ไปใช้ร่วมกับการทดลองได้หลายการทดลอง
ชุดเครื่องจับเวลามีส่วนประกอบ 2 ส่วนดังนี้

3. กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย หม้อแปลง และแผงวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 ที่ทำหน้าที่ตามคำสั่งให้เริ่มจับเวลาเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกท



ภาพ 4 อุปกรณ์ในกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์

4. โฟโตเกท เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ โดยมีวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด โดยขณะที่ตรวจพบแสงอินฟราเรดเอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 5 โวลต์ หรือ “ON” และเมื่อตรวจไม่พบแสงอินฟราเรดหรือมีวัตถุมาบังลำแสงเอาไว้เอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 0 โวลต์ หรือ “OFF”

ภาพ 5 โฟโตเกท

หลักการทำงานของชุดเครื่องจับเวลา

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ AT89C2051 จะทำการตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดว่ามีวัตถุมาบังลำแสงจากตัวส่งหรือไม่ ถ้าไม่มีวัตถุใด ๆ มาบังแสงก็จะยังไม่มีการนับเวลา แล้วกลับมาตรวจสอบอีกและจะวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ไม่มีแสงมาตกกระทบตัวรับแสง จะทำให้ AT89C2051 ตรวจพบและรู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุดเริ่มต้นจะทำให้มันเริ่มต้นการนับเวลาและแสดงผลเวลาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมวิชวลเบสิค

หมายเหตุ AT89C2051 หมายถึง ไอซีประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ตามคำสั่งที่เราได้เขียนโปรแกรมสั่งให้ทำตามที่เราต้องการ

การติดตั้งและวิธีใช้ชุดเครื่องจับเวลา

5. ก่อนจะเปิดเครื่องจะต้องต่อ หรือตรวจสอบขั้วของสายนำสัญญาณตัวส่งและตัวรับให้ถูกต้อง

6. เสียบโฟโตเกททั้งสองที่กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ และต่อพอร์ตอนุกรมเข้ากับ ET USB-RS232 Mini เข้ากับคอมพิวเตอร์

7. กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับไฟ 220 V และปรับแรงดันให้เหลือ 5V เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงในวงจร

8. เมื่อต่ออุปกรณ์เรียบร้อยก็เริ่มทำการทดลอง เครื่องจับเวลาจะเริ่มทำงานและแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ (Free falling object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากการทดลอง
2. เพื่อให้เกิดทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ การบันทึกผลการทดลองตามหลักนัยสำคัญ การวิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดการตกอย่างอิสระของวัตถุ
   1.1 ขาตั้งปรับระดับได้
   1.2 ชุดเครื่องจับเวลา
2. มวลชนิดทรงกลมตัน

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ทฤษฎี

วัตถุที่ถูกโยนขึ้นหรือปล่อยให้ตกลงตามแนวดิ่ง ภายใต้แรงดึงดูดของโลกอย่างเดียว เรียกว่าการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งอย่างอิสระ ที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง โดยมีความเร่งสู่ศูนย์กลางของโลกหรือความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก โดยในบริเวณที่ใกล้ผิวโลก ค่าความเร่งดังกล่าวมีค่าประมาณ 9.80 เมตรต่อวินาที^{2} ทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก ความเร่งดังกล่าวนี้ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $\bar{g}$ ดังนั้นแรงที่เกิดขึ้นจากความเร่งดังกล่าวคือ $m\bar{g}$ ซึ่งก็คือน้ำหนักของวัตถุ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ในทางทฤษฎีนั้นวัตถุที่ตกอย่างอิสระจะใช้เวลาในตกเท่ากัน ไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีมวลเท่าใดและรูปทรงเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2 \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ s คือ ขนาดของการกระจัด (เมตร)

u คือ ความเร็วต้น (เมตรต่อวินาที)

g คือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที^{2})

t^2 คือ เวลา (วินาที)

วัตถุตกอย่างอิสระ ; $u = 0\,\text{m/s}$

จะได้ $s = \frac{1}{2}gt^2$ ..... (2)

จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ ..... (3)

เมื่อ m คือ ความชันของกราฟ

c คือ จุดตัดแกน y ซึ่งกรณีนี้ $c = 0$

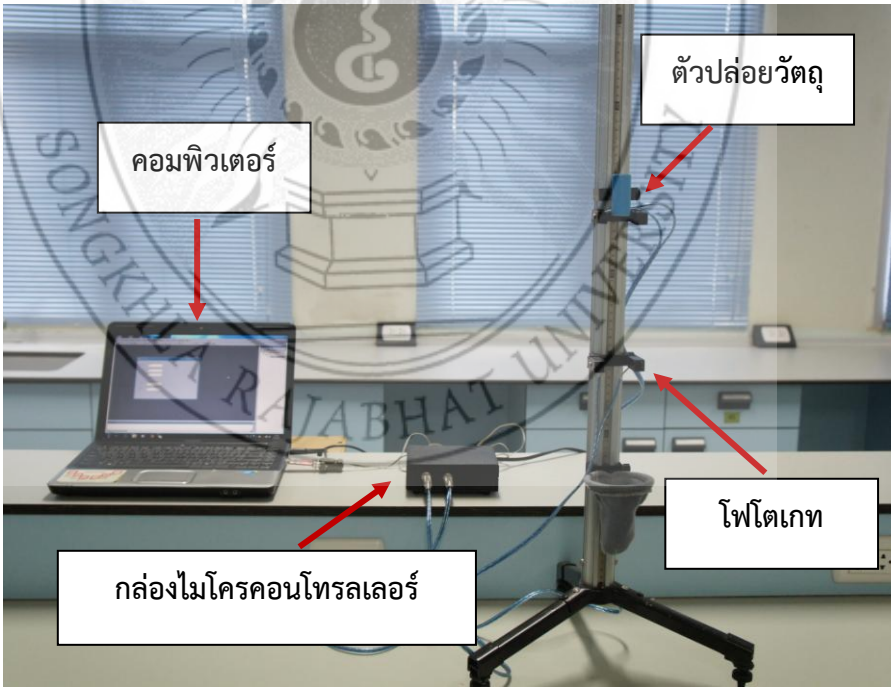
จากสมการ (2) และ (3) ; $y = s$, $m = \frac{1}{2}g$, $m = \frac{1}{2}g$

จะได้ว่า $s \ \alpha \ t^2$

แต่ในทางปฏิบัตินั้นจะมีแรงต้านอากาศเกิดขึ้นซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามรูปทรงและมวลของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ

ขั้นตอนการทดลอง

4. ปล่อยวัตถุให้ตกจากที่ความสูงค่าหนึ่ง อ่านค่าที่ได้จากเครื่องบันทึกเวลา และบันทึกค่าที่ได้
5. ทำการทดลองโดยเปลี่ยนระยะการตกของวัตถุที่แตกต่างกัน 5 ค่า โดยแต่ละค่าทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง
6. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่บันทึกได้ในการทดลองแต่ละระยะความสูง



ภาพ 6 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ

6. หาค่า $\frac{t^2}{2}$ ในการทดลองแต่ละครั้ง เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ โดยให้ s อยู่บนแกนตั้งและ $\frac{t^2}{2}$ อยู่บนแกนนอน

7. ตอบคำถามท้ายการทดลอง สรุปผลการทดลอง และทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

รายงานผลการทดลอง

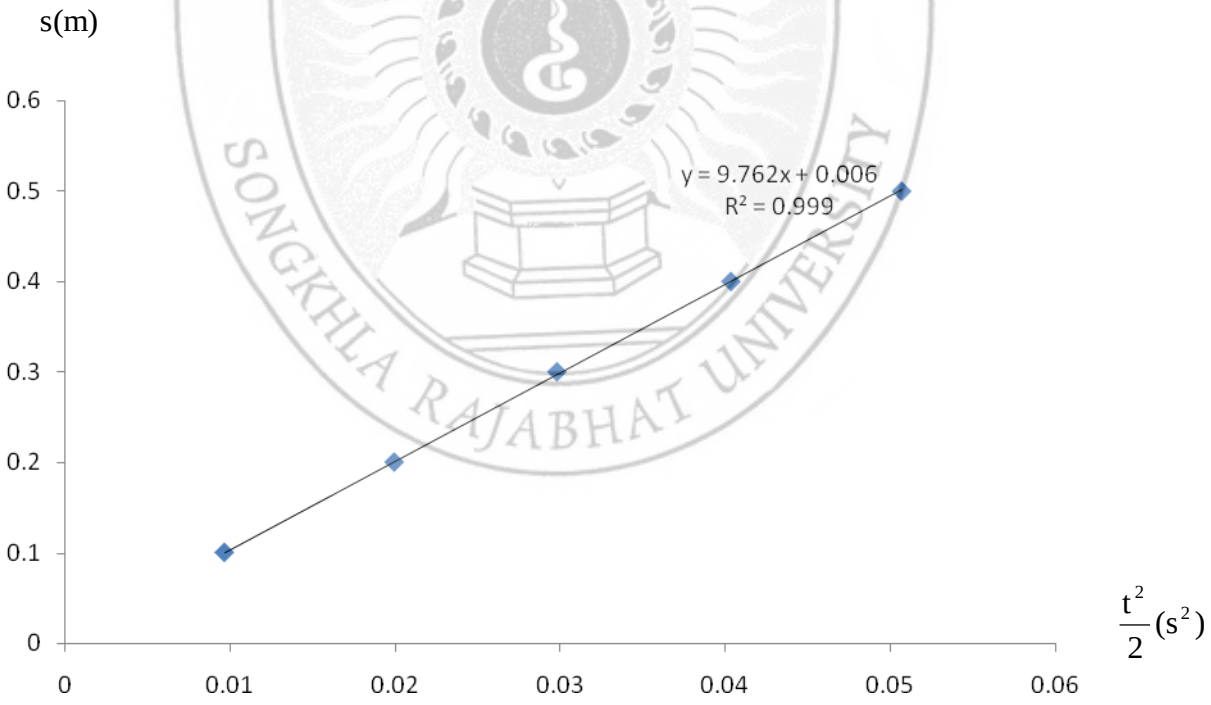
เรื่องการตกของวัตถุอย่างอิสระ (Free falling object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

ตัวอย่างตารางแสดงผลการทดลอง

ระยะการตกของวัตถุ (m)	เวลา t (ms)							t^2 (s^2)	$\frac{t^2}{2}$ (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	0.0193	0.0097
0.2	199.90	199.80	200.20	199.30	199.60	199.76	0.34	0.0399	0.0200
0.3	244.40	244.50	243.80	244.70	243.70	244.22	0.44	0.0596	0.0298
0.4	284.40	284.20	284.00	284.40	283.40	284.08	0.41	0.0807	0.0404
0.5	318.70	318.40	319.10	317.80	318.10	318.42	0.51	0.1014	0.0507

กราฟ



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร
   ตอบ กราฟที่ได้จากการทดลองเป็นกราฟเส้นตรง
2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ เป็นอย่างไร
   ตอบ จากลักษณะของกราฟแสดงว่า s α t^2
3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร
   ตอบ ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ 9.762 ซึ่งค่านี้คือค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก (g)
4. ในการทดลองดังกล่าวค่าความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นอย่างไร
   % ความคลาดเคลื่อน = (ค่าที่ทดลองได้ – ค่าที่แท้จริง)/ค่าที่แท้จริง x 100 %

$$= (\frac{9.80 - 9.76}{9.80})x100\%$$

$$= 0.4\ \%$$

สรุปผลการทดลอง

เมื่อปล่อยวัตถุให้ตกจากที่ระดับความสูงต่างกัน แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ พบว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น วัตถุจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้น และจากการนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ $\frac{t^2}{2}$ ได้กราฟความสัมพันธ์เป็นกราฟเส้นตรงตามสมการ y=mx+c

จากสมการ $$s = \frac{1}{2}gt^2$$

$$s = g(\frac{t^2}{2})$$

จะเห็นได้ว่า ความชันของกราฟคือค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจากการทดลองความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.762 m/s^2

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุ

1. (2)	2. (4)	3. (2)	4. (4)	5. (3)
6. (2)	7. (4)	8. (1)	9. (3)	10. (2)

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองต้องปรับระยะเซนเซอร์ให้ถูกต้อง เพราะระยะระหว่างเซนเซอร์มีผลต่อการคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก
2. ในการปล่อยวัตถุต้องปล่อยที่ตำแหน่งของเซนเซอร์ตัวที่ 1 เพื่อให้ความเร็วเริ่มต้นของวัตถุเป็นศูนย์

เรื่อง ผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

(The effect of mass and force on the acceleration of object)

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของมวล และแรงลัพธ์ที่กระทำต่อความเร่งของวัตถุ
2. เพื่อให้เกิดทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ การบันทึกผลข้อมูลตามหลักของเลขนัยสำคัญ การวิเคราะห์ผลทดลองจากกราฟ การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดรางลมพร้อมรอก 1 ชุด
2. เครื่องปั๊มลม 1 เครื่อง
3. โฟโตเกทพร้อมที่ยึดจับ 2 ชุด
4. เครื่องบันทึกเวลา 1 เครื่อง
5. รถทดลองคันใหญ่และคันเล็ก อย่างละ 1 คัน
6. จานรองมวล พร้อมแผ่นมวลสำหรับเพิ่มน้ำหนักถ่วง 5 ค่า
7. Glider ชนิด 2 แถบ
8. เครื่องชั่ง 1 เครื่อง

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 200 นาที (4 คาบ)

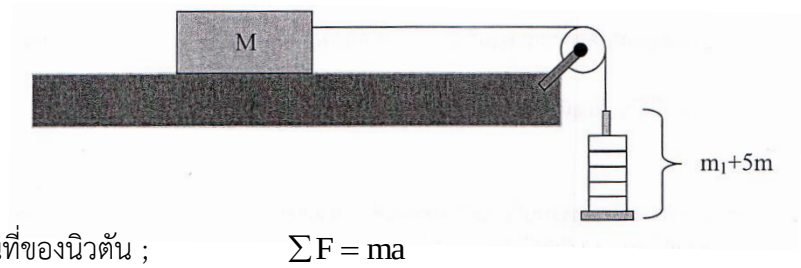
ทฤษฎี

เมื่อมีแรงลัพธ์เรื่องจากแรงภายนอก $\vec{F}$ มากระทำกับวัตถุมวล m ผลของแรงดังกล่าวทำให้วัตถุมีความเร่ง $\vec{a}$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน คือ

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

จากสมการข้างต้น จะพบว่า แรงลัพธ์เนื่องจากแรงภายนอก แปรผันตรงกับ ความเร่ง ในขณะที่มวลของวัตถุ จะแปรผกผันกับค่าความเร่งของวัตถุ

ตัวอย่างสถานการณ์ที่สามารถคำนวณโดยใช้กฎข้องที่สองของนิวตัน คือ ระบบรอกที่ประกอบด้วยรถมวล M กิโลกรัม วางบนรางลม ผูกติดเชือก โดยปลายอีกด้านหนึ่งของเชือกผูกติดกับแผ่นจานรองมวล m_1 และมวลแต่ละชิ้นที่มีค่า m กิโลกรัม วางบนแผ่นจานรอง ดังรูป



จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ; $\sum F = ma$

$$(m_1+5m)g - T = (m_1+5m)a \quad \text{.....(1)}$$

$$T = Ma \quad \text{.....(2)}$$

(2) + (2) ; $(m_1+5m)g = (M+m_1+5m)a$

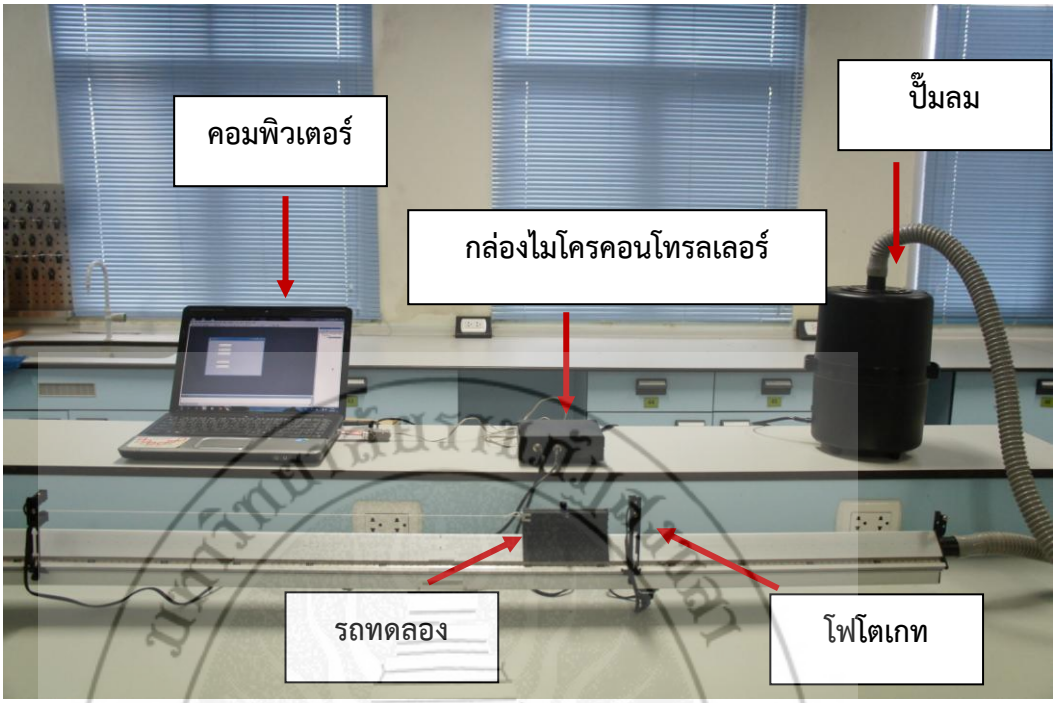
$$a = \frac{(m_1+5m)g}{(M+m_1+5m)} \text{ m/s}^2$$

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งระบบ (แรงลัพธ์ที่กระทำต่อระบบมีค่าคงที่)

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางแผนการทดลอง โดยเลือกรถทดลองขนาดเล็ก รถทดลองขนาดใหญ่ Glider พร้อมที่ยึด และแผ่นมวลที่เพิ่มบนรถทดลอง จำนวน 2 ชิ้น แผ่นจานรองและมวลที่ใช้วางบนแผ่นจานรองจำนวน 3 ชิ้น ชั่งมวลต่าง ๆ เหล่านี้และบันทึกผลการทดลองที่ได้
2. เลือก Glider ชนิด 2 แถบ ที่มีขนาดระยะห่างน้อยที่สุด วัดระยะห่างของแถบทั้งสองของ Glider บันทึกค่าที่วัดได้
3. จัดการทดลองให้เป็นไปตามรูปข้างต้น โดยใช้รถทดลองขนาดเล็ก ผูกติดกับเชือกคล้องผ่านรอก ปลายอีกด้านหนึ่งของเชือกผูกติดกับแผ่นจานรองและมวล 3 ชิ้น กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วของวัตถุจำนวน 2 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งโฟโตเกท)



ภาพ 7 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

4. ปล่อยให้ระบบเคลื่อนที่ บันทึกค่าของเวลาที่อ่านได้จากโฟโตเกทตัวที่ 1 (t_1) โฟโตเกทตัวที่ 2 (t_2) และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากโฟโตเกทตัวที่ 1 ไปยังโฟโตเกทตัวที่ 2 (t_{1-2}) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. เพิ่มมวลของรถทดลอง โดยการเพิ่มแผ่นมวลอีกหนึ่งชิ้นยึดติดกับรถทดลอง ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองข้อที่ 4
6. เปลี่ยนขนาดของรถทดลองเป็นรถทดลองขนาดใหญ่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 4 ถึงข้อที่ 6
7. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้ในแต่ละเงื่อนไขของมวลรถทดลองที่เปลี่ยนไป
8. คำนวณค่าขนาดของความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 จากสูตร v1 = (ระยะห่างของแถบ Glider / t_1) และค่าขนาดความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 2 จากสูตร (ระยะห่างของแถบ Glider /)
9. คำนวณหาค่าขนาดของความเร่งของระบบ โดยใช้สูตร $a = (v2 - v1) / (t_{1-2})$
10. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (1 / มวลของระบบ) ในแนวแกน x กับค่าความเร่งของระบบในแนวแกน y วิเคราะห์กราฟที่ได้ โดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ (มวลของระบบมีค่าคงที่)

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางแผนการทดลอง โดยเลือกรถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด แผ่นจานรองและมวลที่ใช้วางบนแผ่นจานรองจำนวน 5 ชิ้น ชั่งมวลต่าง ๆ เหล่านี้และบันทึกผลการทดลองที่ได้
2. เลือก Glider ชนิด 2 แถบ ที่ใช้ในการทดลอง โดยเลือก Glider ที่มีขนาดของระยะห่างน้อยที่สุด วัดระยะห่างของแถบทั้งสองของ Glider บันทึกค่าที่วัดได้
3. จัดการทดลองให้เป็นไปตามรูปข้างต้น โดยใช้รถทดลองขนาดเล็ก และมวลทั้ง 5 ชิ้นวางบนแผ่นจานรอง กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วของวัตถุจำนวน 2 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งโฟโตเกท)
4. ปล่อยให้ระบบเคลื่อนที่ บันทึกค่าของเวลาที่อ่านได้จากโฟโตเกทตัวที่ 1 (t_1) โฟโตเกทตัวที่ 2 (t_2) และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากโฟโตเกทตัวที่ 1 ไปยังโฟโตเกทตัวที่ 2 (t_{1-2}) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. นำมวล 1 ชิ้น วางบนแผ่นจานรองออกมายึดติดกับรถทดลอง ทำการทดลองข้อที่ 4
6. นำมวลอีก 1 ชิ้นที่วางบนแผ่นจานรองออกมายึดติดกับรถทดลอง การทดลองข้อที่ 4 ทำซ้ำในทำนองเดียวกัน จนไม่มีมวลวางบนแผ่นจานรอง
7. หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้ในแต่ละเงื่อนไขของมวลบนแผ่นจานรองที่เปลี่ยนไป
8. คำนวณค่าขนาดของความเร็วของระบบที่ผ่านโฟโตเกทตัวที่ 1 จากสูตร v1 = (ระยะห่างของแถบ Glider / t_1) และโฟโตเกทตัวที่ 2 จากสูตร v2 = (ระยะห่างของแถบ Glider/ t_2)
9. คำนวณหาค่าขนาดของความเร่งของระบบ จากสูตร $a = (v2 - v1) / (t_{1-2})$
10. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์ที่กระทำกับระบบ กับ ความเร่งของระบบ วิเคราะห์กราฟที่ได้โดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟ

รายงานผลการทดลอง

เรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งของวัตถุ

รายวิชา กลศาสตร์ 1 **โรงเรียนพัทลุง**

การทดลองที่ 1 ผลของมวลระบบที่มีต่อความเร่งของระบบ

ตัวอย่างตารางข้อมูลของมวลที่ได้จากการชั่ง

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่ามวลที่ได้ (กิโลกรัม)				S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
รถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด	149.43	149.45	149.43	149.44	0.01
รถทดลองขนาดใหญ่ Glider พร้อมที่ยึด	335.05	335.03	335.06	335.05	0.02
มวลติดรถอันที่ 1	49.81	49.81	49.81	49.81	0.00
มวลติดรถอันที่ 2	49.91	49.90	49.90	49.90	0.01
มวลทั้งหมดที่ใช้แขวน (แผ่นจาน + 3 มวล)	78.38	78.39	78.38	78.38	0.01

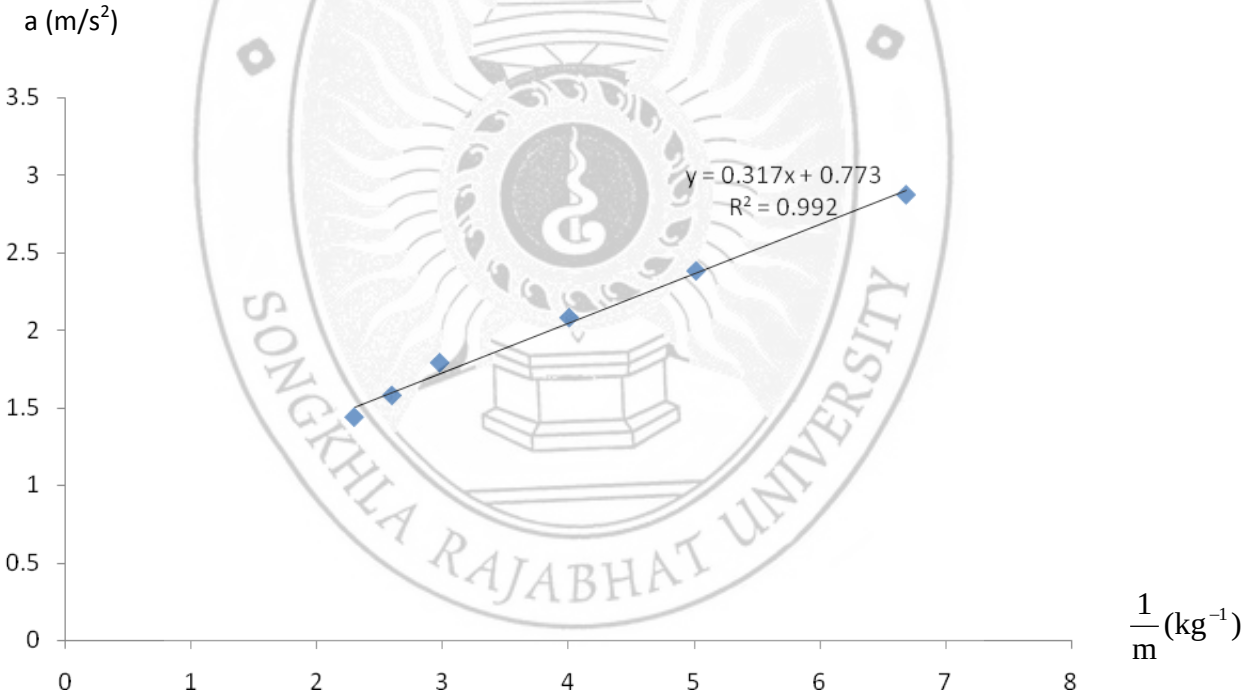
ตัวอย่างตารางข้อมูลของเวลาที่วัดได้จากการทดลอง

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่าเวลาที่บันทึกได้ (มิลลิวินาที)								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ย		
	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}
รถเล็ก	9.71	5.05	331.60	9.65	5.05	331.00	9.68	5.05	331.30
รถเล็ก + 1 มวล	10.55	5.52	361.80	10.56	5.52	361.70	10.55	5.52	361.75
รถเล็ก + 2 มวล	11.37	5.92	388.80	11.36	5.93	388.90	11.36	5.92	388.85
รถใหญ่	12.52	6.39	424.00	12.49	6.39	423.70	12.50	6.39	423.85
รถใหญ่ + 1 มวล	13.23	6.79	449.10	13.25	6.79	449.40	13.24	6.79	449.25
รถใหญ่ + 2 มวล	13.78	7.12	471.50	13.85	7.15	472.10	13.81	7.12	471.80

ตัวอย่างตารางข้อมูลของมวลระบบกับความเร่งระบบที่ได้จากการทดลอง

ระบบ	1/มวลระบบ (กิโลกรัม$^{-1}$)	ความเร็วต้น v1 (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วปลาย v2 (เมตรต่อวินาที)	ความเร่งของระบบ (เมตรต่อวินาที^{2})
รถเล็ก	6.69	1.03	1.98	2.87
รถเล็ก + 1 มวล	5.02	0.95	1.81	2.38
รถเล็ก + 2 มวล	4.01	0.88	1.69	2.08
รถใหญ่	2.98	0.80	1.56	1.79
รถใหญ่ + 1 มวล	2.60	0.76	1.47	1.58
รถใหญ่ + 2 มวล	2.30	0.72	1.40	1.44

กราฟแสดงผลการทดลอง



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร
   ตอบ กราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง

2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง a กับ $\frac{1}{m}$ เป็นอย่างไร

   ตอบ จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความเร่งแปรผกผันกับมวลของวัตถุ (a α $\frac{1}{m}$)

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

   ตอบ ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ 0.317 ซึ่งค่านี้แทนแรงลัพธ์ที่กระทำต่อระบบ

สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองโดยเพิ่มมวลของรถทดลอง และให้แรงลัพธ์ F มีขนาดคงตัว ขนาดของความเร่ง a ของรถจะแปรผันตรงกับส่วนกลับมวล $\frac{1}{m}$ หรือกล่าวได้ว่า ขนาดของความเร่ง a แปรผกผันกับมวล m นั่นเอง

$$a \alpha \frac{1}{m}$$

เมื่อหาความชันของกราฟที่ได้จากการทดลอง ความชันคือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อระบบมีค่าเท่ากับ 0.317 นิวตัน

การทดลองที่ 2 ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่ามวลที่ได้ (กิโลกรัม)				S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
รถทดลองขนาดเล็ก Glider พร้อมที่ยึด	179.37	179.37	179.40	179.38	0.02
มวลของแผ่นจานรอง	18.91	18.90	18.91	18.91	0.01
มวลชิ้นที่ 1	19.96	19.94	19.91	19.94	0.03
มวลชิ้นที่ 2	19.94	19.96	19.95	19.95	0.01
มวลชิ้นที่ 3	19.68	19.66	19.66	19.66	0.01
มวลชิ้นที่ 4	19.74	19.74	19.74	19.74	0.00
มวลชิ้นที่ 5	19.98	19.97	19.96	19.97	0.01
มวลทั้งหมดของระบบ	297.70	297.70	297.72	297.71	0.01

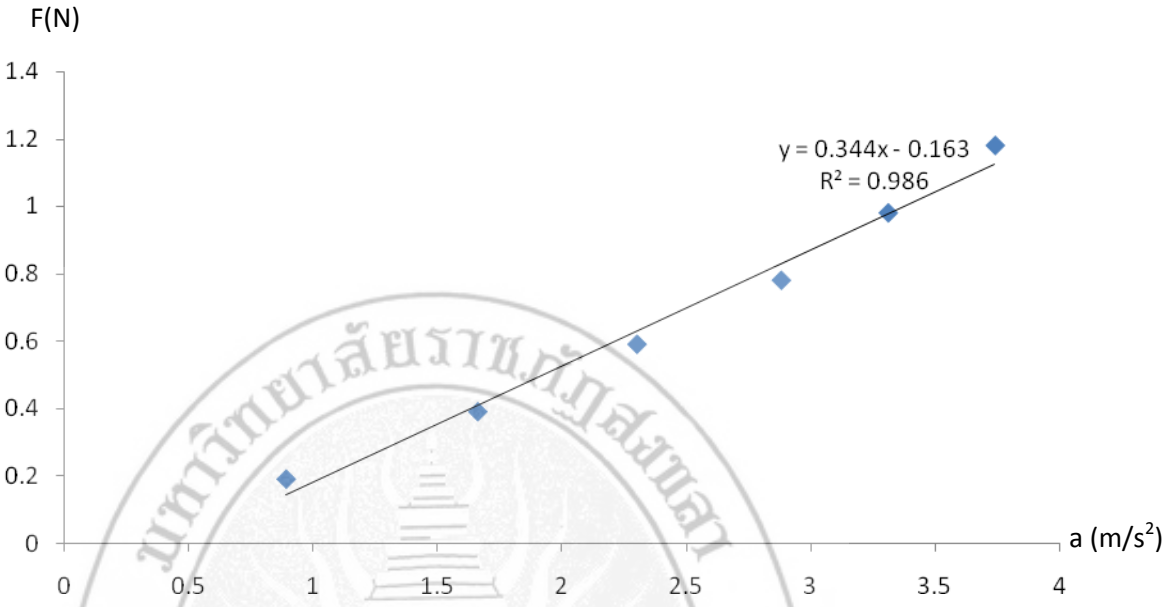
ตัวอย่างตารางข้อมูลของเวลาที่วัดได้จากการทดลอง

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ค่าเวลาที่บันทึกได้ (มิลลิวินาที)								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ย		
	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}	t_1	t_2	t_{1-2}
จานรอง + 5 มวล	10.08	4.59	316.60	10.20	4.60	319.20	10.14	4.59	317.90
จานรอง + 4 มวล	10.99	4.91	338.30	10.95	4.91	337.70	10.97	4.91	338.00
จานรอง + 3 มวล	11.90	5.29	364.30	11.87	5.29	364.00	11.88	5.29	364.15
จานรอง + 2 มวล	12.97	5.88	403.80	12.97	5.88	403.50	12.97	5.88	403.65
จานรอง + 1 มวล	15.36	6.94	477.60	15.38	6.93	476.90	15.37	6.93	477.25
จานรอง	20.87	9.30	651.90	21.03	9.51	653.80	20.95	8.55	625.85

ตัวอย่างตารางข้อมูล แรงลัพธ์กับความเร่งของระบบที่ได้จากการทดลอง

ระบบ	น้ำหนักที่ใช้แขวน (นิวตัน)	ความเร็วต้น v1 (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วปลาย v2 (เมตรต่อวินาที)	ความเร่งของระบบ (เมตรต่อวินาที^{2})
จานรอง + 5 มวล	1.18	0.99	2.18	3.74
จานรอง + 4 มวล	0.98	0.91	2.03	3.31
จานรอง + 3 มวล	0.78	0.84	1.89	2.88
จานรอง + 2 มวล	0.59	0.77	1.70	2.30
จานรอง + 1 มวล	0.39	0.65	1.44	1.66
จานรอง	0.19	0.47	1.05	0.89

กราฟแสดงผลการทดลอง



คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร
   ตอบ กราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง
2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ a เป็นอย่างไร
   ตอบ จากลักษณะของกราฟแสดงว่าแรงลัพธ์ F แปรผันตรงกับความเร่ง a (F α a)
3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร
   ตอบ ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ 0.344 และค่านี้แทนมวลของระบบ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อมวลของระบบมีค่าคงตัว แรงลัพธ์ F จะแปรผันตรงกับความเร่ง a

$$F \alpha a$$

เมื่อหาความชันของกราฟที่ได้จากการทดลอง ความชันของกราฟคือมวลของระบบมีค่าเท่ากับ 0.344 kg

จากการทดลองที่ 1 และ 2 สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ว่า

$$a \alpha \frac{F}{m}$$

หรือ $F \alpha ma$

ได้ว่า $F = kma$ เมื่อ k คือค่าคงตัวของการแปรผันมีค่าเท่ากับ 1 Ns^2/kgm

สมการกลายเป็น $\sum \vec{F} = m\bar{a}$

ซึ่งคือกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเรื่องผลของมวลและแรงที่มีต่อความเร่งระบบ

1. (1)	2. (4)	3. (3)	4. (2)	5. (3)
6. (2)	7. (3)	8. (1)	9. (4)	10. (3)

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองต้องปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ
2. หากกราฟที่ได้จากการทดลองไม่ตัดแกน y นักเรียนต้องวิเคราะห์ผลการทดลองว่าเกิดเนื่องมาจากสาเหตุใดได้บ้าง ตัวอย่างเช่น ความเสียดทานระหว่างรถทดลองกับราง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตาราง 11 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชากลศาสตร์ 1 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์				
	1	**2**	**3**	**4**	**รวม (ข้อ)**
1. เพื่อศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตกของวัตถุอย่างอิสระ	-	5 (1,2,3,5,6)	3 (7,8,19)	11 (4,9-18)	19
2. เพื่อศึกษาผลของมวลต่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	-	1 (20)	1 (21)	-	2
3. ทดลองและหาค่าความเร่งของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ	1 (22)	-	2 (24,25)	1 (23)	4
4. ทดลอง อภิปรายกฎนิวตันและใช้กฎการเคลื่อนที่นิวตันได้	3 (27,28,30)	2 (26,31)	4 (29,32,33,34)	-	9
5. เพื่อศึกษาผลของมวลและแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ	2 (36,37)	1 (38)	-	8 (35,39-45)	11
รวม (ข้อ)	6	9	10	20	45

หมายเหตุ 1: ความรู้ความจำ, 2: ความเข้าใจ, 3: การนำไปใช้, 4: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชากลศาสตร์ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง”

คำชี้แจง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชากลศาสตร์ 1 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วกับข้อเท็จจริง และบรรยายลักษณะตามที่เคยเรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมา พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ เช่น เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์ การแยกประเภท การจัดประเภท เกณฑ์ หลักการ และกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความได้ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ และแผนภาพได้
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน การใช้เครื่องมือปฏิบัติการได้ถูกต้อง และการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ หรือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่ว ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การสังเกต การวัด การคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายและลงข้อสรุป

แบบทดสอบมีทั้งหมด 45 ข้อ จะมีลักษณะอิงเนื้อหาเกี่ยวกับวิชากลศาสตร์ 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำแนกเป็น

1. ความรู้ – ความจำ	จำนวน	6	ข้อ
2. ความเข้าใจ	จำนวน	9	ข้อ
3. การนำไปใช้	จำนวน	10	ข้อ
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	20	ข้อ

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชากลศาสตร์ 1
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ – สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ).....ตำแหน่ง.....
สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ข้อคำถาม กับพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ที่ต้องการจะวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่าน จากระดับคะแนนดังต่อไปนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	1 ความเข้าใจ				
2	1 ความเข้าใจ				
3	1 ความเข้าใจ				
4	1 ทักษะการคำนวณ				
5	1 ความเข้าใจ				
6	1 ความเข้าใจ				
7	1 การนำไปใช้				
8	1 การนำไปใช้				
9	1 ทักษะการคำนวณ				
10	1 ทักษะการคำนวณ				
11	1 ทักษะการคำนวณ				
12	1 ทักษะการคำนวณ				
13	1 ทักษะการคำนวณ				
14	1 ทักษะการคำนวณ				
15	1 ทักษะการคำนวณ				

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
16	1 ทักษะการคำนวณ				
17	1 ทักษะการคำนวณ				
18	1 ทักษะการคำนวณ				
19	1 การนำไปใช้				
20	2 ความเข้าใจ				
21	2 การนำไปใช้				
22	3 ความรู้ – ความจำ				
23	3 ทักษะการคำนวณ				
24	3 การนำไปใช้				
25	3 การนำไปใช้				
26	4 ความเข้าใจ				
27	4 ความรู้ – ความจำ				
28	4 ความรู้ – ความจำ				
29	4 การนำไปใช้				
30	4 ความรู้ – ความจำ				
31	4 ความเข้าใจ				
32	4 การนำไปใช้				
33	4 การนำไปใช้				
34	4 การนำไปใช้				
35	5 ทักษะการคำนวณ				
36	5 ความรู้ – ความจำ				
37	5 ความรู้ – ความจำ				
38	5 ความเข้าใจ				
39	5 ทักษะการคำนวณ				
40	5 ทักษะการคำนวณ				
41	5 ทักษะการคำนวณ				
42	5 ทักษะการคำนวณ				
43	5 ทักษะการคำนวณ				

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
44	5 ทักษะการคำนวณ				
45	5 ทักษะการคำนวณ				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
(...../...../.....)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา กลศาสตร์ 1
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ เวลา 30 นาที

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
2. ให้นักเรียนเขียน ชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบ ที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย x ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่แจกให้
4. ห้ามขีดเขียน ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้ : 1. เพื่อศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตกของวัตถุอย่างอิสระ

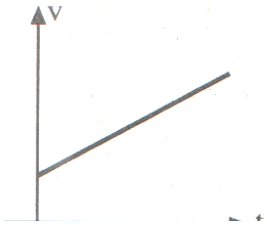
1. ข้อใด **<u>ไม่ถูกต้อง</u>** เมื่อโยนวัตถุขึ้นไปในอากาศแล้วตกกลับมาสู่จุดเดิม (ความรู้ – ความจำ)
   1. อัตราเร็วที่ตำแหน่งเดียวกันเท่ากัน
   2. อัตราเร็วที่จุดสูงสุดจะเป็นศูนย์
   3. วัตถุไม่มีความเร่ง
   4. มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ

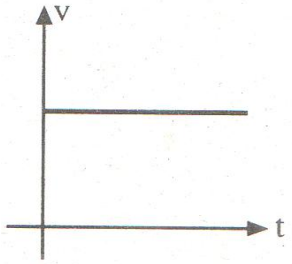
2. โยนวัตถุขึ้นไปตรง ๆ ตามแนวดิ่งแล้ววัตถุตกลงมาตำแหน่งเดิม เมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ เวลาขาขึ้นไปถึงจุดสูงสุดและเวลาขาลงจากจุดสูงสุดถึงตำแหน่งเดิมเป็นไปตามข้อใด (ความเข้าใจ)
   1. ขาขึ้นใช้เวลามากกว่า
   2. ขาลงใช้เวลามากกว่า
   3. ขาขึ้นและขาลงใช้เวลาเท่ากัน
   4. ต้องทราบความเร็วต้นก่อน

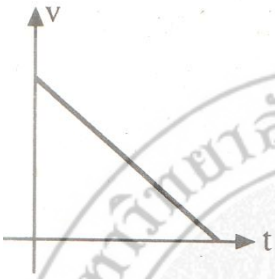
3. โยนลูกบอลขึ้นตามแนวดิ่ง เมื่อลูกบอลลอยขึ้นไปถึงตำแหน่งสูงสุด ลูกบอลมีความเร็วเท่าใด (ความรู้ – ความจำ)
   1. เท่ากับศูนย์
   2. เท่ากับความเร็วที่โยนขึ้นไป
   3. เท่ากับครึ่งหนึ่งของความเร็วที่โยนขึ้นไป
   4. เท่ากับสองเท่าของความเร็วที่โยนขึ้นไป

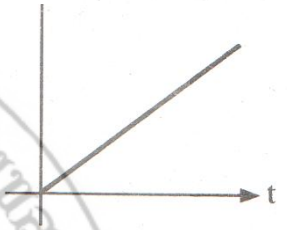
4. ปล่อยวัตถุให้ตกลงในแนวดิ่งอย่างเสรี ถ้าวัตถุนี้ตกกระทบพื้นดินในเวลา 10 วินาที วัตถุกระทบพื้นดินด้วยความเร็วเท่ากับกี่เมตรต่อวินาที (กำหนดค่า g = 9.8 m/s^2) (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
   1. 0.98 m/s
   2. 9.8 m/s
   3. 19.8 m/s
   4. 98 m/s

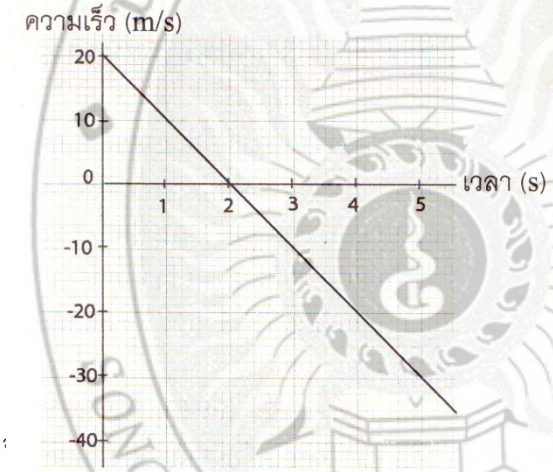
5. กราฟในข้อใดสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่ง (ความเข้าใจ)

1. 

2. 

3. 

4. 

6. 

1. วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วต้น 20 เมตรต่อวินาที
2. วัตถุเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วต้น 20 เมตรต่อวินาที
3. ความเร็วของวัตถุลดลงวินาทีละ 10 เมตรต่อวินาที
4. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ในการตอบคำถามข้อ 7
ในการโยนลูกบอลจากพื้นขึ้นตรงไปในแนวดิ่ง ได้ข้อมูลความเร็วและเวลา ดังตารางต่อไปนี้

ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)	70	60	50	40	30
เวลา (วินาที)	0	1	2	3	4

7. จากข้อมูลข้างต้น ในเวลา 7 วินาที ลูกบอลจะมีความเร็วเท่าไร (การนำไปใช้)
   1. 15 เมตรต่อวินาที
   2. 10 เมตรต่อวินาที
   3. 5 เมตรต่อวินาที
   4. 0 เมตรต่อวินาที

8. ปล่อยก้อนหินลงมาจากดาดฟ้าตึกสูง 45 เมตร ก้อนหินกระทบพื้นดินด้วยอัตราเร็วเท่าใด (กำหนดค่า g = 10 m/s^2) (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
   1. -30 m/s
   2. 30 m/s
   3. -90 m/s
   4. 90 m/s

9. ปล่อยก้อนหินจากตึกสูง 240 เมตร ในขณะเดียวกันก็ยิงก้อนหินจากพื้นดินขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 60 เมตรต่อวินาที จงหาว่าก้อนหินทั้งสองจะสวนกัน ณ ตำแหน่งที่สูงจากพื้นดินกี่เมตร (กำหนดค่า g = 10 m/s^2) (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
   1. 80 เมตร
   2. 160 เมตร
   3. 180 เมตร
   4. 240 เมตร

10. โยนก้อนหินขึ้นในแนวดิ่งจากพื้นดินด้วยความเร็วต้น 20.0 เมตรต่อวินาที หลังจากถึงจุดสูงสุดแล้วก้อนหินก็ตกลงมาถึงจุดที่มีความเร็ว 10.0 เมตรต่อวินาที การกระจัดและระยะทางทั้งหมดที่ก้อนหินเคลื่อนที่ได้ถึงจุดนั้นเป็นเท่าใด (ตอบตามลำดับ) (กำหนดค่า g = 10 m/s^2) (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
    1. 20.0 m, 15.0 m
    2. 15.0 m, 15.0 m
    3. 25.0 m, 15.0 m
    4. 15.0 m, 25.0 m

ผลการเรียนรู้ : 2. เพื่อศึกษาผลของมวลต่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

11. ก้อนหิน 2 ก้อน ก้อนใหญ่หนักกว่าก้อนเล็ก 4 เท่า เมื่อก้อนหินทั้ง 2 ก้อน ตกจากระดับความสูงเดียวกัน ก้อนใดจะถึงพื้นก่อนเมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ (ความเข้าใจ)
    1. ก้อนใหญ่
    2. ก้อนเล็ก
    3. ตกลงพร้อมกัน
    4. ต้องทราบน้ำหนักก้อนหินที่แน่นอน

12. ชายคนหนึ่งปล่อยก้อนหินจากหน้าผาแห่งหนึ่ง เมื่อก้อนหินก้อนแรกตกลงไปเป็นระยะทาง 2 เมตร เขาก็ปล่อยก้อนหินอีกก้อนหนึ่งที่มีมวลเท่ากันทันที ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ ข้อใดถูกต้อง (การนำไปใช้)
    1. ก้อนหินทั้งสองก้อนอยู่ห่างกันมากขึ้นเรื่อยๆ
    2. ก้อนหินก้อนที่สองตกถึงพื้นหลังก้อนแรก 0.4 วินาที
    3. ก้อนหินทั้งสองก้อนอยู่ห่างกัน 2 เมตรตลอดเวลาที่ตก
    4. ก้อนหินก้อนแรกตกถึงพื้นด้วยความเร็วที่มากกว่าก้อนที่สอง

ผลการเรียนรู้ : 3. ทดลองและหาค่าความเร่งของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ

13. ปล่อยวัตถุให้ตกจากที่ความสูง s ค่าหนึ่ง อ่านค่าที่ได้จากเครื่องบันทึกเวลา t และเปลี่ยนระยะการตกของวัตถุ s ที่แตกต่างกัน 5 ค่า จากการทดลองนี้สามารถหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณในข้อใด (ความเข้าใจ)
    1. $\frac{t^2}{2}$ กับ s
    2. t^2 กับ 2s
    3. $\frac{gt^2}{2}$ กับ s
    4. gt^2 กับ 2s

14. พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้
    ก. การเล่นม้าหมุนเป็นวงกลมขนานกับพื้น
    ข. การโยนลูกบอลขึ้นจากพื้นล่างเป็นแนวโค้งและตกกลับมายังพื้น
    ค. การโคจรของดวงจันทร์รอบโลก
    ข้อใดเป็นผลของแรงดึงดูดของโลกต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ (ความเข้าใจ)
    1. ข้อ ก
    2. ข้อ ก และ ข
    3. ข้อ ข และ ค
    4. ข้อ ก , ข และ ค

15. วัตถุ A มีมวล 10 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนพื้น ส่วนวัตถุ B ซึ่งมีมวลเท่ากันกำลังตกสู่พื้นโลก ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ และกำหนดให้ทั้ง A และ B อยู่ในบริเวณที่ขนาดสนามโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.8 นิวตัน/กิโลกรัม
    ข้อใดต่อไปนี้**<u>ไม่ถูกต้อง</u>** (ความรู้ – ความจำ)
    1. วัตถุทั้งสองมีน้ำหนักเท่ากัน
    2. วัตถุทั้งสองมีอัตราเร่งในแนวดิ่งเท่ากันคือ 9.8 เมตร/วินาที^{2}
    3. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ A มีขนาดเท่ากับ 98 นิวตัน
    4. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ B มีขนาดเท่ากับ 98 นิวตัน

ผลการเรียนรู้ : 4. ทดลอง อภิปรายกฎนิวตันและใช้กฎการเคลื่อนที่นิวตันได้

16. ถ้าวัตถุมวล m วางนิ่งอยู่บนพื้นลื่น ต่อมามีแรง F มากระทำในช่วงเวลาสั้น ๆ หลังจากนั้นวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ เราจะอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากไม่มีแรง F กระทำได้อย่างไร (ความเข้าใจ)
    1. ใช้กฎข้อ 1 ของนิวตัน วัตถุเคลื่อนที่ไม่หยุด
    2. ใช้กฎข้อ 2 ของนิวตัน วัตถุเคลื่อนที่ไม่หยุด
    3. ใช้กฎข้อ 1 ของนิวตัน วัตถุเคลื่อนที่แล้วหยุด
    4. ใช้กฎข้อ 2 ของนิวตัน วัตถุเคลื่อนที่แล้วไม่หยุด

17. ข้อใด<u>ไม่</u>ถูกต้อง (ความรู้ - ความจำ)
    1. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ
    2. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม
    3. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ทั้งวัตถุที่สัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้
    4. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดบนวัตถุคนละก้อน แต่สามารถหักล้างกันได้

18. ข้อใดที่วัตถุมีความเร่งไปทางซ้าย (ความเข้าใจ)
    1. วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาแล้วเคลื่อนที่เร็วขึ้น
    2. วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาแล้วเคลื่อนที่ช้าลง
    3. วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายแล้วเคลื่อนที่ช้าลง
    4. วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายแล้วหยุด

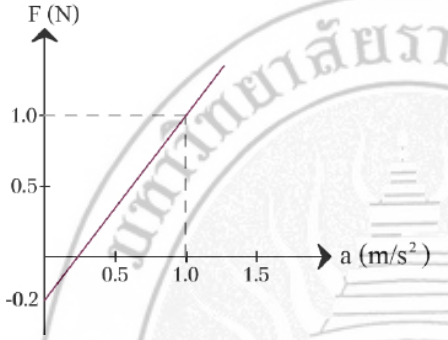
19. โก๊ะตี๋ออกแรงดึงโต๊ะที่อยู่นิ่ง ทำให้โต๊ะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ถ้าพื้นมีแรงเสียดทาน ข้อใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)
    1. แรงที่โก๊ะตี๋กระทำมากกว่าแรงเสียดทาน
    2. แรงที่โก๊ะตี๋กระทำน้อยกว่าแรงเสียดทาน
    3. แรงที่โก๊ะตี๋กระทำเท่ากับแรงเสียดทาน
    4. ข้อมูลไม่พอ ยังสรุปไม่ได้

20. การเคลื่อนที่ในข้อใดต่อไปนี้ที่ความเร่งของวัตถุเป็นศูนย์ (การนำไปใช้)
    1. การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว
    2. การตกลงตรง ๆ ในแนวดิ่ง โดยไม่มีแรงต้านอากาศ
    3. การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงตัว
    4. การไถลลงเป็นเส้นตรงบนพื้นเอียงลื่นที่ไม่มีแรงเสียดทาน

21. รถยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่บนถนนตรง กำหนดให้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้ามีการกระจัดเป็นค่าบวก และการเคลื่อนที่ถอยหลังมีการกระจัดเป็นค่าลบ ถ้ารถยนต์คันนี้มีความเร็วเป็นค่าลบ แต่มีความเร่งเป็นค่าบวก สภาพการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร (ความเข้าใจ)

1. กำลังแล่นไปข้างหน้า แต่กำลังเหยียบเบรกเพื่อให้รถช้าลง
2. กำลังแล่นไปข้างหน้า และกำลังเหยียบคันเร่งเพื่อให้รถเดินหน้าเร็วขึ้น
3. กำลังแล่นถอยหลัง แต่กำลังเหยียบเบรกเพื่อให้รถช้าลง
4. กำลังแล่นถอยหลัง และกำลังเหยียบคันเร่งเพื่อให้รถถอยหลังเร็วขึ้น

22. ในการทดลองเพื่อพิสูจน์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน มีการชดเชยความฝืด และใช้แรงขนาดต่าง ๆ ลากมวล (รถทดลอง) และวัดความเร่ง เมื่อเขียนกราฟระหว่างแรงและความเร่งในกราฟดังรูป การทดลองนี้แสดงว่ามวลที่ทดลองมีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)



1. 0.5 กิโลกรัม
2. 0.8 กิโลกรัม
3. 1.0 กิโลกรัม
4. 1.2 กิโลกรัม

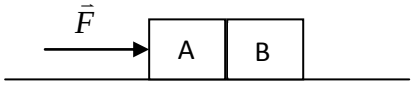
ผลการเรียนรู้ : 5. เพื่อศึกษาผลของมวลและแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ

23. กล่องไม้มวล 4 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนโต๊ะผิวเกลี้ยง ถ้าต้องให้กล่องไม้นี้เคลื่อนที่ไปบนโต๊ะจนกระทั่งมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที ภายในเวลา 2 วินาที แรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องไม้นี้ต้องมีขนาดกี่นิวตัน (ทักษะการคำนวณ)

1. 5 นิวตัน
2. 10 นิวตัน
3. 20 นิวตัน
4. 40 นิวตัน

24. จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งของระบบ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณในข้อใด (ความรู้- ความจำ)

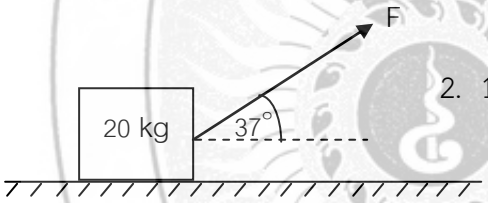
1. F กับ a
2. F กับ m
3. a กับ m
4. a กับ $\frac{1}{m}$

25. 

ออกแรง F ขนานกับพื้นราบลื่น กระทำกับกล่อง A และ B ที่วางติดกัน ดังรูป
ข้อใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)

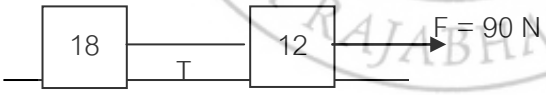
1. แรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่อง A มีขนาดเท่ากับแรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่อง B
2. ถ้า $M_A > M_B$ แรงที่กล่อง A กระทำกับกล่อง B มีขนาดมากกว่าแรงที่กล่อง B กระทำกับกล่อง A
3. ถ้า $M_A > M_B$ แรงที่กล่อง A กระทำกับกล่อง B มีขนาดน้อยกว่าแรงที่กล่อง B กระทำกับ
   กล่อง A
4. แรงที่กล่อง A กระทำกับกล่อง B มีขนาดเท่ากับแรงที่กล่อง B กระทำกับกล่อง A โดยไม่ขึ้นกับมวลทั้งสอง

26. จากรูป ไผ่จะต้องออกแรงดึง F เท่าใด วัตถุมวล 20 kg จึงจะเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็ว 30 m/s ในเวลา 5 s (ทักษะการคำนวณ)



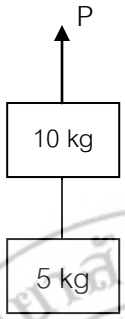
1. 100 N
2. 120 N
3. 150 N
4. 200 N

27. ออกแรง 90 N ดึงวัตถุมวล m_1 = 12 kg และ m_2 = 18 kg ที่ผูกติดกันด้วยเส้นเชือก ดังรูป ถ้าพื้นมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.1 จงหาแรงตึงเชือกระหว่างมวลทั้งสอง (ทักษะการคำนวณ)



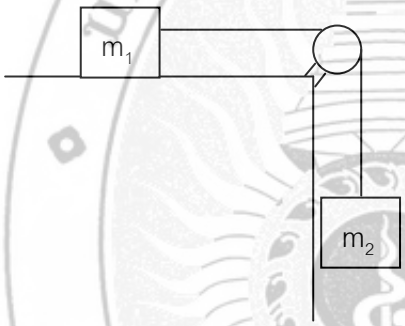
1. 36 N
2. 54 N
3. 72 N
4. 84 N

28. ออกแรง P ดึงมวล 10 kg และ 5 kg ที่ผูกกันด้วยเส้นเชือกดังรูป ทำให้มวลทั้งสองเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 3 m/s^2 จงหาแรง P และแรงตึงเชือกระหว่างมวลทั้งสอง (ทักษะการคำนวณ)



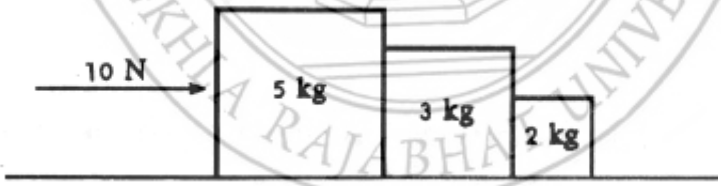
1. P = 65 N , T = 195 N
2. P = 195 N , T = 65 N
3. P = 165 N , T = 195 N
4. P = 150 N , T = 95 N

29. จากรูป m_1 = 10 kg และ m_2 = 20 kg รอกไม่มีความฝืดและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่าง m_1 กับพื้นเป็น 0.5 มวลทั้งสองจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าใด (ทักษะการคำนวณ)



1. 5 m/s^2
2. 10 m/s^2
3. 12 m/s^2
4. 50 m/s^2

30. แท่งไม้มวล 5 กิโลกรัม 3 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม วางติดกันบนพื้นเกลี้ยง ถ้าออกแรงผลัก 10 นิวตัน ดังรูป จงหาขนาดของแรงที่แท่งไม้ 2 กิโลกรัม กระทำต่อแท่งไม้ 3 กิโลกรัม (ทักษะการคำนวณ)



1. 2.0 N
2. 5.0 N
3. 8.0 N
4. 10.0 N

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. (3)
2. (3)
3. (1)
4. (4)
5. (3)
6. (1)
7. (4)
8. (2)
9. (2)
10. (4)
11. (3)
12. (1)
13. (1)
14. (3)
15. (2)
16. (1)
17. (4)
18. (2)
19. (1)
20. (3)
21. (4)
22. (4)
23. (3)
24. (1)
25. (4)
26. (3)
27. (2)
28. (2)
29. (1)
30. (1)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

การหาคุณภาพเครื่องมือ

ตาราง 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากลศาสตร์ 1 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3			
1	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
5	0	1	1	2	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
7	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
8	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
12	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
14	0	1	1	2	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
16	0	1	1	2	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	3	0.67	ใช้ได้
19	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
20	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
22	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
23	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
24	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3			
26	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
27	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
29	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
30	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
31	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
34	0	0	1	1	0.33	ตัดทิ้ง
35	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
41	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
42	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
43	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
44	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
45	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 13 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\overline{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3			
1.ลักษณะทางกายภาพทั่วไป						
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	5	4	4	4.33	0.58	ดี
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
1.4 มีรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
1.5 อุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงผลได้ชัดเจน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน						
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2.3 สามารถทำได้หลายการทดลอง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2.5 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม						
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	5	4	4	4.33	0.58	ดี

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\overline{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3			
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย	5	4	4	4.33	0.58	ดี
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน						
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	5	4	4	4.33	0.58	ดี

ตาราง 14 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครู จากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\overline{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3			
3. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียน						
3.1 คู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.4 เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีการทดลองได้เหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3.5 มีกิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\overline{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3			
4. คู่มือการใช้ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับครู						
4.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	ดี มาก
4.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	ดี มาก
4.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	5	5	5	5.00	0.00	ดี มาก

ตาราง 15 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=15)	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=15)	p	r	ข้อที่เลือก
1	12	9	0.60	0.20	√
2	11	8	0.54	0.20	√
3	15	12	0.77	0.20	√
4	15	11	0.74	0.27	√
5	14	11	0.71	0.20	√
6	5	2	0.20	0.20	√
7	5	8	0.37	-0.20	-
8	15	10	0.71	0.33	√
9	15	12	0.77	0.20	√
10	15	15	0.86	0.00	-
11	7	6	0.37	0.07	-
12	7	7	0.40	0.00	-
13	14	14	0.80	0.00	-
14	5	4	0.26	0.07	-
15	12	9	0.60	0.20	-
16	10	12	0.63	-0.13	-
17	9	7	0.46	0.13	-
18	11	4	0.43	0.47	√
19	3	4	0.20	-0.07	-
20	10	7	0.49	0.20	√
21	5	2	0.20	0.20	√
22	5	2	0.20	0.20	√
23	6	2	0.23	0.27	√
24	10	7	0.49	0.20	√

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=15)	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=15)	P	R	ข้อที่เลือก
25	8	5	0.37	0.20	√
26	6	1	0.20	0.33	√
28	3	3	0.17	0.00	-
29	2	3	0.14	-0.07	-
30	12	5	0.49	0.47	√
31	14	7	0.60	0.47	√
32	11	2	0.37	0.60	√
33	5	2	0.20	0.20	√
34	6	2	0.23	0.27	√
35	13	7	0.57	0.40	√
36	4	3	0.20	0.07	-
37	11	6	0.49	0.33	√
38	6	2	0.23	0.27	√
39	11	4	0.43	0.47	√
40	12	4	0.46	0.53	√
41	14	11	0.71	0.20	√
42	5	5	0.29	0.00	-
43	9	6	0.43	0.20	√
44	5	3	0.23	0.13	-
45	8	5	0.37	0.20	√

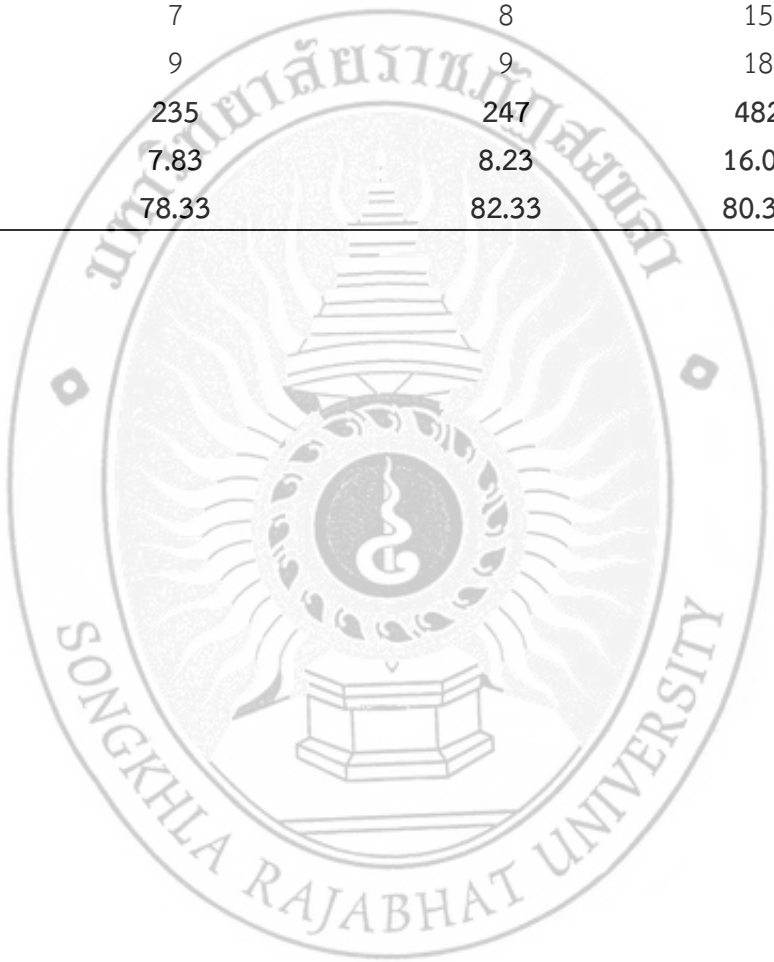
แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) มีทั้งหมด 31 ข้อ คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ แล้วนำแบบทดสอบเหล่านี้ไปคำนวณ $\sum pq$ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 6.40 และนำแบบทดสอบไปหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ได้เท่ากับ 0.8

ตาราง 16 ผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน		คะแนนรวม (20)	ร้อยละคะแนนรวม
	การตกอย่างอิสระของวัตถุ(10)	ผลของมวลและแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ (10)		
1	7	8	15	75
2	7	8	15	75
3	8	8	16	80
4	9	9	18	90
5	7	8	15	75
6	7	8	15	75
7	8	9	17	85
8	8	8	16	80
9	7	8	15	75
10	8	8	16	80
11	8	8	16	80
12	8	9	17	85
13	8	8	16	80
14	8	8	16	80
15	8	8	16	80
16	9	8	17	85
17	8	8	16	80
18	8	8	16	80
19	8	8	16	80
20	7	8	15	75
21	8	8	16	80
22	9	9	18	90
23	8	9	17	85
24	7	8	15	75
25	8	9	17	85
26	7	8	15	75

ตาราง 16 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน		คะแนนรวม (20)	ร้อยละคะแนนรวม
	การตกอย่างอิสระของวัตถุ(10)	ผลของมวลและแรงลัพธ์ที่มีต่อความเร่งระบบ (10)		
27	8	8	16	80
28	8	8	16	80
29	7	8	15	75
30	9	9	18	90
รวม	235	247	482	**2410**
เฉลี่ย	7.83	8.23	16.07	**80.33**
ร้อยละ	78.33	82.33	80.33	



ตาราง 17 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียนคนที่	สอบก่อนเรียน	สอบหลังเรียน	ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
1	15	21	6	36
2	11	20	9	81
3	10	26	16	256
4	16	29	13	169
5	16	23	7	49
6	11	26	15	225
7	14	24	10	100
8	14	29	15	225
9	11	23	12	144
10	16	26	10	100
11	16	24	8	64
12	15	29	14	196
13	15	23	8	64
14	15	22	7	49
15	13	26	13	169
16	19	21	2	4
17	16	26	10	100
18	15	27	12	144
19	14	21	7	49
20	20	22	2	4
21	12	22	10	100
22	14	28	14	196
23	11	27	16	256
24	11	24	13	169
25	15	26	11	121
26	16	21	5	25
27	15	21	6	36

ตาราง 17 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	สอบก่อนเรียน	สอบหลังเรียน	ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
28	14	26	12	144
29	13	21	8	64
30	11	26	15	225
			$\sum D$ = 306	$\sum D^2$ = 3564

ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 14.30

จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาคผนวก จ

วิธีการสร้างชุดทดลองกลศาสตร์

การสร้างชุดทดลองกลศาสตร์

การสร้างชุดทดลองกลศาสตร์ในครั้งนี้ ดำเนินการสร้างชุดเครื่องจับเวลา ซึ่งนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในการทดลองรายวิชากลศาสตร์ 1 ชุดเครื่องจับเวลาที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ โฟโตเกท และกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ออกแบบ กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ และดำเนินการสร้างโดยมีลำดับขั้นดังนี้

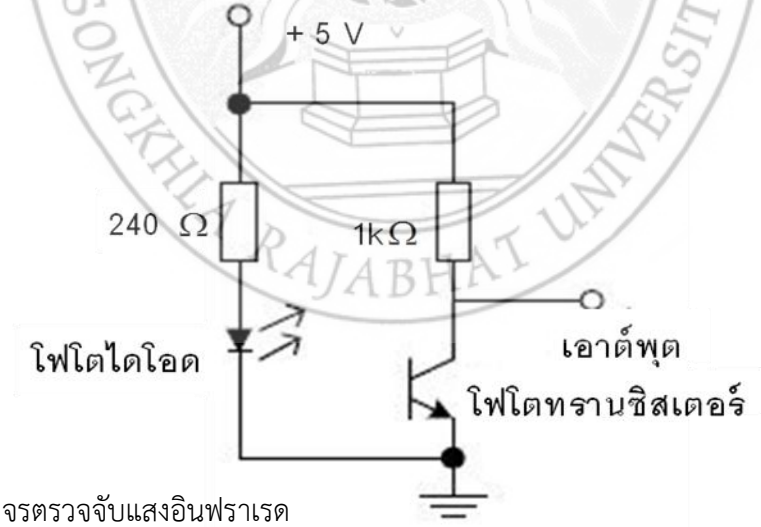
1. โฟโตเกท

โฟโตเกท เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ โดยมีวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโฟโตเกท ประกอบด้วย

1) แผ่นอะคริลิกสีดำหนา 2 mm
2) น้ำยาเชื่อมอะคริลิก
3) โฟโตไดโอด 5 mm
4) โฟโตทรานซิสเตอร์ 5 mm
5) สายไฟ
6) แจ๊คเสียบตัวผู้
7) หัวแร้งพร้อมตะกั่วบัดกรี

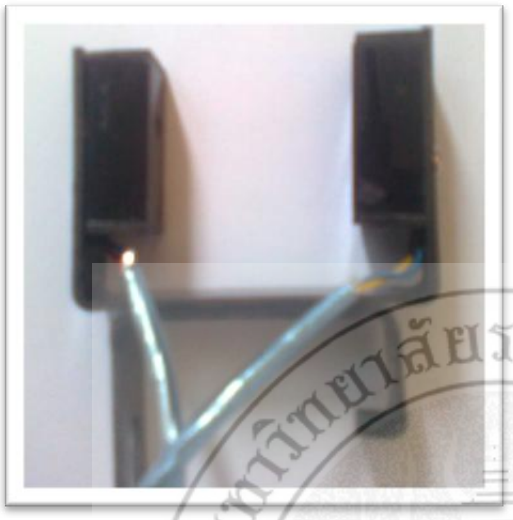
ขั้นตอนการสร้างโฟโตเกท

1) ออกแบบ และกำหนดขนาดของตัวครอบโฟโตเกท
2) เชื่อมต่อโฟโตไดโอด และโฟโตทรานซิสเตอร์ตามวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรดดังแสดงในภาพ 8



ภาพ 8 วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด

3) นำตัวครอบมาใส่อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อไว้เรียบร้อยแล้ว ดังภาพ 9



ภาพ 9 อุปกรณ์โฟโตเกท

หลักการทำงาน

โฟโตเกท เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ โดยมีวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด โดยขณะที่ตรวจพบแสงอินฟราเรดเอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 5 โวลต์ หรือ “ON” และเมื่อตรวจไม่พบแสงอินฟราเรดหรือมีวัตถุมาบังลำแสงเอาไว้เอาต์พุตของวงจรตรวจจับจะมีสถานะเป็น 0 โวลต์ หรือ “OFF”

2. กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์

กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอุปกรณ์ดังนี้

1) ตัวเก็บประจุ
2) ตัวต้านทานค่าต่าง ๆ
3) ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051
4) ไอซี MAX 232
5) XTAL 11.0592 Hz
6) หม้อแปลง 220 V
7) แผ่น PCB
8) กล่องเอนกประสงค์
9) Socket IC
10) Bridge Rectifier Diode

การสร้างกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1) ออกแบบวงจรว่า จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดใด เพื่อให้ได้ฟังก์ชันของงานตามที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C2051 ซึ่งเป็น MCS-51 ขนาด 20 ขา ซึ่งเหมาะที่จะช่วยให้เราศึกษาเรียนรู้พื้นฐานการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เป็นอย่างดี

2) พิมพ์โค้ดโปรแกรมภาษา C ลงใน Text Editor ของโปรแกรม Keil 7.01 จากนั้นจึงทำการคอมไพล์โปรแกรมเพื่อให้ได้ไฟล์ .HEX ออกมา รายละเอียดการเขียนโปรแกรมในภาคผนวก ฉ หน้า 160

3) นำชิปไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่ใช้ ไปทำการโปรแกรมไฟล์ .HEX ที่ได้มาด้วยบอร์ดโปรแกรม MCS-51

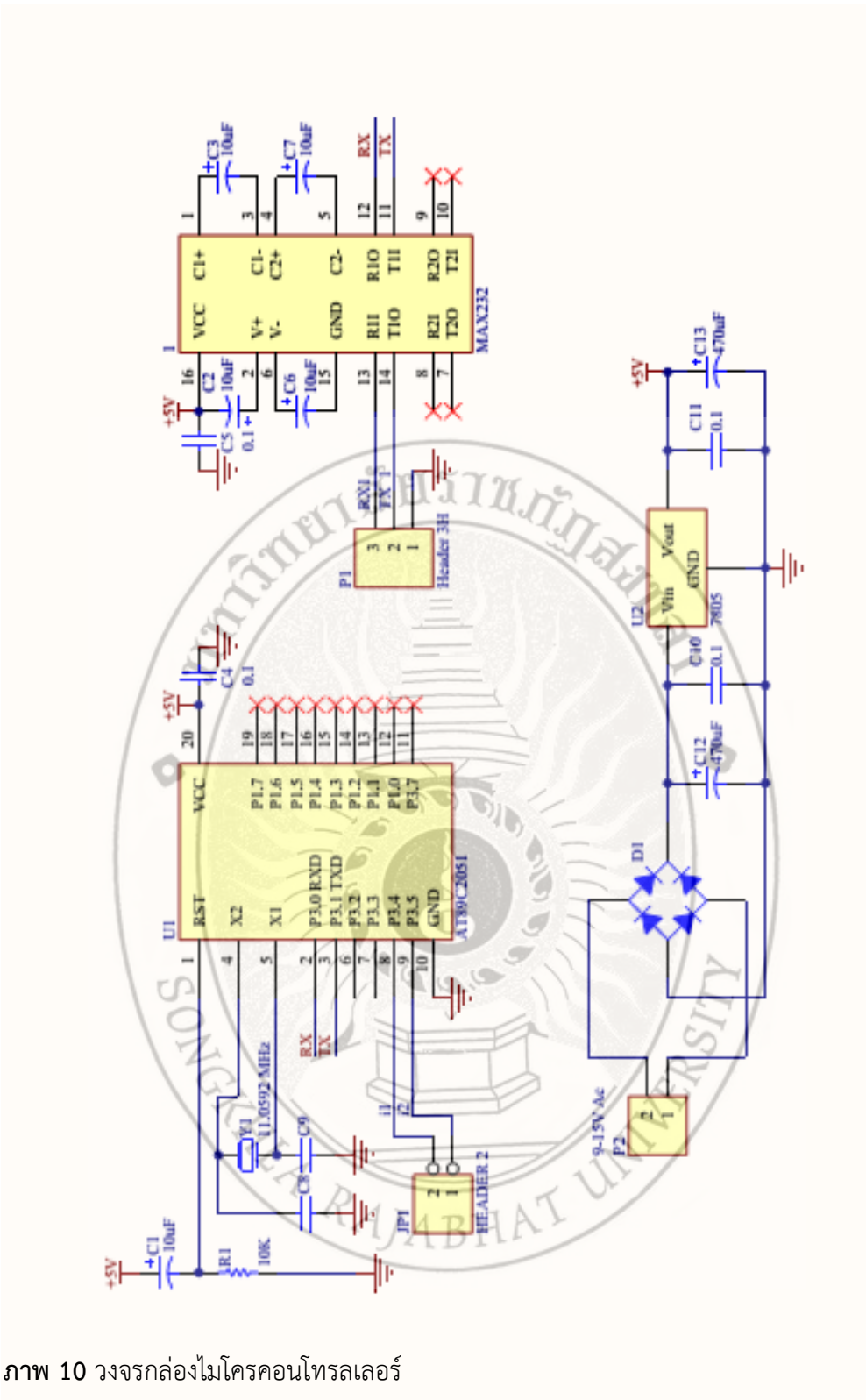
4) จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Proteus จะได้แผนผังวงจรดังภาพ 10

5) ประกอบวงจรลงบนแผ่น PCB และบัดกรีให้เรียบร้อย

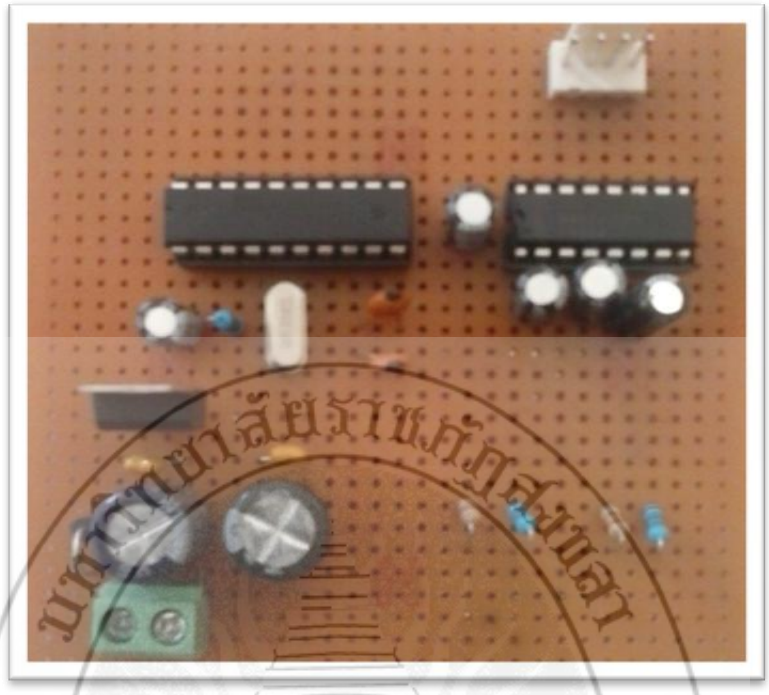
6) เตรียมกล่องบรรจุโดยใช้กล่องเอนกประสงค์สำหรับใส่วงจร พร้อมทั้งวางตำแหน่งวงจรชุดหม้อแปลงให้เหมาะสม

7) เชื่อมต่อสายไฟแต่ละจุดเข้าด้วยกัน

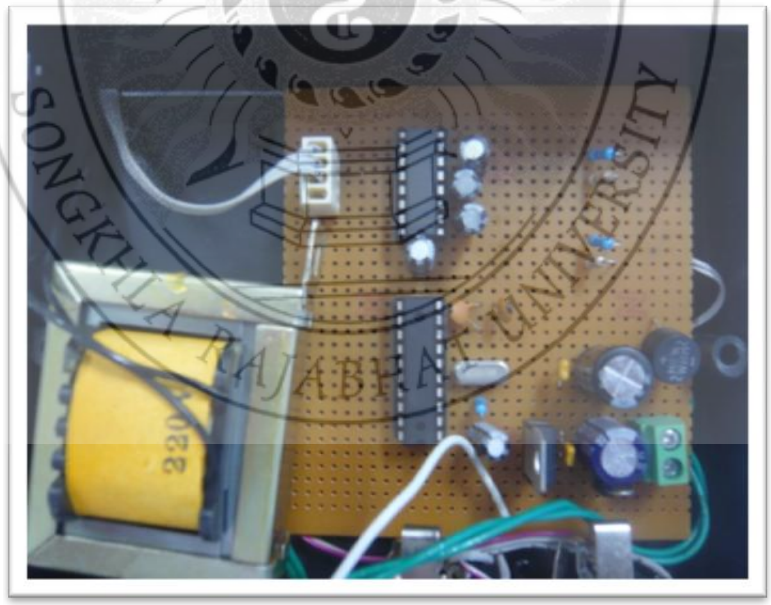
8) นำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปใช้ร่วมกับชุดทดลองกลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อไป



ภาพ 10 วงจรกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพ 11 การเชื่อมต่อวงจรบนแผ่น PCB



ภาพ 12 การวางอุปกรณ์ในกล่องเอนกประสงค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพ 13 กล่องไมโครคอนโทรลเลอร์

หลักการทำงาน

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ AT89C2051 จะทำการตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดว่ามีวัตถุมาบังลำแสงจากตัวส่งหรือไม่ ถ้าไม่มีวัตถุใด ๆ มาบังแสงก็จะยังไม่มีการนับเวลา แล้วกลับมาตรวจสอบอีกและจะวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ไม่มีแสงมาตกกระทบตัวรับแสงจะทำให้ AT89C2051 ตรวจพบและรู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุดเริ่มต้นจะทำให้มันเริ่มต้นการนับเวลาและแสดงผลเวลาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมวิชวลเบสิก ซึ่งมีรายละเอียดการเขียนโปรแกรมในภาคผนวก ฉ หน้า 173

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมสำหรับบันทึกลงในไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include "setup.h"
#include "serial.h"
#include "interrupt.h"

void main (void)
{
        unsigned char l,h;

   DE0   = 0;
        f_sw1 = 1;
        f_sw2 = 1;

        m_sec = 0;
        s_sec = 0;
        start =0;

        f_get_rx0 = 0;
        f_get_tx0 = 0;
        rx0_state =0;

        setup_system();

        while(1)
        {
                _nop_();
                _nop_();
                _nop_();
```

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

```
if(s_sec< 10)
{
        switch(start)
        {
                case 0 :
                                if(SW1 == 0)
                                {
                                        m_sec = 0;
                                        s_sec = 0;
                                        f_sw1 = 0;
                                        start++;
                                }
                                break;
        case 1 :
                                if(SW1 == 1)
                                {
                                        tx0_buf[0] = 'S';
                                        tx0_buf[1] = 'A';
                                        tx0_buf[2] = s_sec|0x30;
                                        tx0_buf[3] = '.';
                                        l = (m_sec % 10)|0x30;
                                        h = (m_sec /10)|0x30;
                                        tx0_buf[4] = h;
                                        tx0_buf[5] = l;
                                        send_Serial_0();
                                //      m_sec = 0;
                                //      s_sec = 0;
                                        start++;
                                }
                                break;
```

```
case 2 :
                    if(SW2 == 0)
                    {
                        tx0_buf[0] = 'S';
                        tx0_buf[1] = 'C';
                        tx0_buf[2] = s_sec|0x30;
                        tx0_buf[3] = '.';
                        l = (m_sec % 10)|0x30;
                        h = (m_sec /10)|0x30;
                        tx0_buf[4] = h;
                        tx0_buf[5] = l;
                        send_Serial_0();
                        start++;
                    }
                    break;
case 3 :
                    if(SW2 == 1)
                    {
                        tx0_buf[0] = 'S';
                        tx0_buf[1] = 'B';
                        tx0_buf[2] = s_sec|0x30;
                        tx0_buf[3] = '.';
                        l = (m_sec % 10)|0x30;
                        h = (m_sec /10)|0x30;
                        tx0_buf[4] = h;
                        tx0_buf[5] = l;
                        send_Serial_0();
                        m_sec = 0;
                        s_sec = 0;
                        start = 0;
```

```
                                        }
                                        break;
                        }
                }
                else
                {
                        f_sw1 = 1;
                        f_sw2 = 1;
                        m_sec = 0;
                        s_sec = 0;
                        start = 0;
                }
        }
#pragma code
//#include <REG51F.H>
//#include <reg52.h>
#include <AT892051.H>
#include <absacc.h>
#include <stdlib.h>
#include <intrins.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include <math.h>

//---------------------------------------->     SYSTEM
#define STX                                     0x02
#define ETX                                     0x03
#define ACK                                     0x06
#define NAK                                     0x15
#define RUN                                     0x52
```

```
#define PAUSE                   0x25

#define Rx0SizeID               8
#define Rx0SizeCommand          2
#define Rx0SizeDataSize         4

#define Rx0SizeCommand          2
#define Rx0SizeDataSize         4
#define Rx0SizeCommand          2

#define TIME_OUT_RX0            100  / TIMER_0      // rx time out 100 ms

#define COMMAND_ACK1            'A'
#define COMMAND_ACK2            'C'

//----------MAIN----------------
#define MAIN_TYPE1              'M'
#define MAIN_TYPE2              'N'

#define MAIN_ID1                '0'
#define MAIN_ID2                '1'

//----------KEY-----------------
#define KEY_TYPE1               'D'
#define KEY_TYPE2               'P'

#define KEY_ID1                     '0'
#define KEY_ID2                     '0'

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////////////// Create Timer & Baud Rate ////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

#define XTAL                    11.059          // Crystal Frequency MHz
#define SYS_CLOCK               12
#define BAUD_RATE               9600                    // Baudrate of
Transmission and Reception
#define TIMER_0                 10                              // Timer0
ms
#define TIMER_1                 10                              //
Timer1 ms

#if     SYS_CLOCK == 6
        #define N               16
#elif SYS_CLOCK == 12
        #define N               32
#endif

#define TIMER_RELOAD_0          65536-
(((float)TIMER_0*1000)*((float)XTAL/SYS_CLOCK))
#define TIMER_RELOAD_1          65536-
(((float)TIMER_1*1000)*((float)XTAL/SYS_CLOCK))

#define BAUD_RATE_RELOAD        256-
(((float)XTAL*1000000)/((float)BAUD_RATE*SYS_CLOCK*32))         // For TH1
#define BAUD_RATE_RELOAD_2      65536-
(((float)XTAL*1000000)/((float)BAUD_RATE*N))                    // For
RCAP2H,RCAP2L

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
////////////////////////////////////// Hardware Define Pin ////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////


sbit DE0                        = P3^7;
sbit SW1                        = P3^4;
sbit SW2                        = P3^5;


////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////// serial 0 ////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////


//-------------------------------------------------------------------
unsigned char m_sec;
unsigned char s_sec;
unsigned char time;
unsigned char start;

unsigned char rx0_id[8];
unsigned char rx0_command[2];
unsigned char rx0_b_command[2];

bit f_get_rx0;
unsigned char rx0_ptr;
unsigned char rx0_cnt_byte;
unsigned char rx0_state;
unsigned char rx0_timeout;
unsigned char rx0_bcc;
```

```
idata unsigned char rx0_buffer[10];

bit f_get_tx0;
unsigned char tx0_byte;
unsigned char Size_tx0_byte;
idata unsigned char tx0_buf[10];


bit f_sw1;
bit f_sw2;


////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//////////////////////////////Sub Setup_System//////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

voidsetup_system (void) {

        TMOD = 0x21;                                    //Mode 2 (8-bit reload),16 Bit
time/count
   SCON = 0x52;                                         //set serial port mode1

        TL0 = TIMER_RELOAD_0;
        TH0 = TIMER_RELOAD_0/256;

   TH1 = BAUD_RATE_RELOAD;

        TR0  = 1;
        //enable timer 0
TR1  = 1;                                       //enable timer 1
```

```
	PS   = 1;
	//serial number1
	ES   = 1;                                          //enable interrupt serial port
	ET0  = 1;
	//enable interrupt timer0
	EA   = 1;
	//enable interrupt
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//////////////////////////////////Sub Interrupt/////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void timer0 (void) interrupt 1 using 1
{
	TH0 = TIMER_RELOAD_0/256;
	TL0 = TIMER_RELOAD_0;

//--------------------------------------timer

	m_sec++;

	if(m_sec>= 100)
	{
		m_sec = 0;
		s_sec++;
	}


	if(++rx0_timeout==TIME_OUT_RX0) {
		// rx time out 100 ms
```

```
                rx0_state = 0;
                rx0_timeout = 0;
        }

}

void serial0 (void) interrupt 4 using 2
{
        unsigned char a;

        if(TI)
        {                                       // TXD
    TI = 0;

                if(f_get_tx0)
                {
                        if(tx0_byte < Size_tx0_byte)
                        {
                                DE0 = 1;
                                //DE0 = 0;      // not gate
                                SBUF = tx0_buf[tx0_byte];
                                tx0_byte++;

                        }
                        else
                        {

                                f_get_tx0 = 0;
                                tx0_byte = 0;
                                DE0 = 0;
```

```
                                        //DE0 = 1;      // not gate
                                }
                        }
                        if(!RI) return;
                }

                a = SBUF;
                RI = 0;
                rx0_timeout = 0;
                rx0_buffer[0] = a;
                f_get_rx0 = 1;
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////Sub SERIAL/////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void send_Serial_0()
{
        while(f_get_tx0);

        //tx0_buf[0] = '1';
        //tx0_buf[1] = '2';
        //tx0_buf[2] = '3';
        //tx0_buf[3] = '4';

        Size_tx0_byte = 6;
        f_get_tx0 = 1;
        TI = 1;
}
```

โปรแกรมวิชวลเบสิกเพื่อควบคุมการแสดงผลการจับเวลา

```
Private Sub Form_Load()
With MSComm1
   If .PortOpen Then .PortOpen = False
   'set the active serial port
   .Settings = "9600,N,8,1"
   .CommPort = 1
   .DTREnable = True
   .RTSEnable = True
   .RThreshold = 1
   .SThreshold = 0
   'open the serial port
   .PortOpen = True
End With

With Text1
   .Locked = True
   .Text = ""
End With

With Text2
   .Locked = True
   .Text = ""
End With

With Text3
   .Locked = True
   .Text = ""
End With
```

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

```
With Text4
    .Locked = True
    .Text = ""
End With

With Text5
    .Locked = True
    .Text = ""
End With

End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim strInput As String
Dim x As Single
Dim y As Single
Dim z As Single
Dim tshow As String
Dim nNum As String

strInput = MSComm1.Input

If Len(strInput) = 6 Then
    tshow = Mid(strInput, 2, 1)
    nNum = Mid(strInput, 3, 6)

    If tshow = "A" Then
        Text1.Text = nNum
    Else
        If tshow = "C" Then
```

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

```
        Text4.Text = nNum
      Else
        Text2.Text = nNum
        '*******t1 - t2 **************
         x = Val(Text1.Text)
        y = Val(Text4.Text)
        z = Abs(y - x)
        z = Round(z, 2)
        nNum = Str(z)
        Text5.Text = nNum

        '*******t1 - t3 **************
        x = Val(Text1.Text)
        y = Val(Text2.Text)
        z = Abs(y - x)
        z = Round(z, 2)
        nNum = Str(z)
        Text3.Text = nNum
      End If
    End If
End If
End Sub
```

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

การคำนวณหาค่า g

การคำนวณหาค่า g

ค่า g หรือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ไม่ใช่ค่าคงที่ในทุกๆตำแหน่งบนโลก แต่จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามภูมิประเทศต่างๆ บนโลก

จากข้อมูลมาตรฐานของสำนักมาตรวิทยาแห่งชาติ ประเทศไทย ค่า g ที่อาศัยวิธีการ Free Fall Drop Method และ Interferrometric หาได้จากสมการ

$$g = 9.7803184(1 + A\sin^2\phi - B\sin^2 2\phi) - 3.086 \times 10^{-6} H \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ $A = 0.005302$

$B = 0.0000059$

$\phi =$ เส้นรุ้ง

$H =$ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)

กรณีจังหวัดพัทลุง $\phi = 109.85$ องศา, $H = 13$ เมตร

แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

$$g = 9.7803184(1 + 0.005302\sin^2(109.85) - 0.0000059\sin^2 2(109.85)) - 3.086 \times 10^{-6}(13)$$

$$g = 9.83\,\text{m/s}^2$$

ภาคผนวก ซ

ภาพประกอบการวิจัย

ภาพ 14 การ Try out แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียน 30 คน

ภาพ 15 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน

ภาพ 16 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง

ภาพ 17 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นางสาวเรวดี มานุ้ย

วัน เดือน ปีเกิด 20 มกราคม 2526

สถานที่เกิด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 53 หมู่ 8 ตำบลมะกอกเหนือ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู คศ. 1

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2539	ชั้นประถมศึกษา โรงเรียนวัดดอนศาลา จังหวัดพัทลุง
พ.ศ. 2545	ชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีพัทลุง จังหวัดพัทลุง
พ.ศ. 2549	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พ.ศ. 2550	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ป.บัณฑิต) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2556	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY