การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปริญญานิพนธ์
ของ
ประนอม หมอกกระโทก

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตรศึกษา
กันยายน 2545
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

530.0712
ป8911
ง.3

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทคัดย่อ

ของ

ประนอม หมอกกระโทก

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตรศึกษา
กันยายน 2545

ประนอม หมอกกระโทก. (2545). *การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา) กรุงเทพ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยเรื่องนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ให้มีประสิทธิภาพด้านการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการเรียน เรื่อง อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองตรวจสอบจากผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80/80

การทดลองสอนใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาในการสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
2. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 81.73 / 80.43
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL SET ON LINEAR MOTION FOR THE UPPER SECONDARY LEVEL

AN ABSTRACT

BY

PRANORM MORKKRATHOK

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

September 2002

Pranorm Morkkrathok. (2002). *Development of an Experimental Set on Linear Motion for the Upper Secondary Level.* Master Thesis, M.Ed.(Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakrarinwirot University. Advisor committee : Assit.Prof Sawat Supboon, Dr. Sompratana Wongbunnuk.

This study was firsty, attempted to construct and develop on experimental kit on ' Linear Movement ' to meet the 80/80 educational efficiency and secondly, to investigate academic achievement and attitude toward the kit earned by students.

The developing kit was designed to utilize in high school physics experiments on Velocity, Speed, Acceleration, Gravitating movement and Relationship between Speed and Time.

Instructional experimentation of 12 fifty-minute periods conducted employing fifteen students, randomly selected from MS IV students, of Prasatwittayakom school in Nakhonratchasima province, as its sample.

The findings were as follows :

1. The developing set functioned efficiently and scientifically in leu of the "very good" level of quality.
2. The developing set demonstrated educational efficiency of 81.73 / 80.43
3. Students' post – test achievement was significantly higher than their pre – test.
4. Student's post – test attitude toward the kit was significantly higher than their pre – test.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ
นางสาวประนอม หมอกกระโทก

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาภรณ์ หะวานนท์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2545

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร. สนอง ทองปาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษา ที่อุทิศเวลาอันมีค่ากรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ และอาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์ ดร.วิชาญ เลิศลพ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร อาจารย์อนันต์ ฟักกระโทก และอาจารย์จักรพันธุ์ จงเพ็งกลาง ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสีคิ้ว "สวัสดิ์ผดุงวิทยา" จังหวัดนครราชสีมา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกต่างๆ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุเนตร อัดอั้น คุณจตุรวัฒน์ เอื้อเฟื้อพันธุ์ คุณพินิจ ภมรพล และคุณสานนท์ นามปัญญา ที่ช่วยในการดำเนินการสร้างชุดทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว "หมอกกระโทก" ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำการวิจัย ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตรศึกษา รุ่นที่ 15 – 16 ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ประนอม หมอกกระโทก

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ตอนที่ 1 ขอบเขตการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่	4
	ตอนที่ 2 ขอบเขตการประเมินคุณภาพของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง.	4
	ตอนที่ 3 ขอบเขตการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	สมมติฐานในการวิจัย	7
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	เอกสารที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง	10
	การเคลื่อนที่ในแนวตรง	10
	ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	11
	อัตราเร็วของวัตถุ	11
	ความเร็ว	13
	ความเร่ง	13
	การเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงที่	14
	ความเร่งของแรงโน้มถ่วง	15
	วัตถุตกอย่างอิสระ	17
	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	17
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์	19
	หลักการของดิจิตอล	19
	หลักการของเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุ	20
	คุณสมบัติของ PIC16C76	21
	หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรของเครื่องจับเวลา	23
	หลักการทำงานของการต่อ 7 –Segment แบบ Multiplex	24
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน	25
	ความหมายของสื่อการสอน	25
	ประเภทของสื่อการเรียนการสอน	26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)	สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์	27
	ประโยชน์ของสื่อการสอน	28
	บทบาทของสื่อการสอนต่อการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา	29
	หลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์	30
	ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี	31
	หลักการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์	32
	คุณค่าของสื่อการสอน	34
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	37
	ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	37
	การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	39
	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	39
	เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	43
	ความหมายของเจตคติ	43
	ประเภทของเจตคติ	43
	องค์ประกอบของเจตคติ	43
	เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	43
	การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	44
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาชุดทดลองและเจตคติต่อชุดทดลอง	45
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	48
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	49
	ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดทลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่	50
	ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	51
	ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80	54
	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้	55
	แบบแผนการวิจัย	57
	การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	57
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	58
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	59
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	63
	ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง	63

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 (ต่อ)

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 66

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80/80 68

5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 71

ความมุ่งหมายของการวิจัย 71

สมมติฐานการวิจัย 71

วิธีดำเนินการวิจัย 71

การวิเคราะห์ข้อมูล 72

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า 72

อภิปรายผล 73

ข้อเสนอแนะ 79

บรรณานุกรม 81

ภาคผนวก 88

ภาคผนวก ก 89

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย 90

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ 91

ภาคผนวก ข 99

วิธีการสร้างชุดทดลองชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 100

การออกแบบและสร้างชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 100

การออกแบบและสร้างชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า 104

การออกแบบและสร้างชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ 106

ภาคผนวก ค 115

ตารางการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชา ฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 116

ตารางแสดงความแปรปรวนรายข้อ คะแนนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 117

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 120

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 129

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 132

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 135

แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 139

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก (ต่อ)

แบบประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง..... 142

แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง 146

ภาคผนวก ง 149

ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ..... 150

แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ 152

ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง สำหรับนักเรียนและครูจากผู้เชี่ยวชาญ 154

แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ..... 155

แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 159

ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองจำนวน 9 คน 160

ภาคผนวก จ 162

แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน 163

แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 164

แสดงความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน..... 165

แสดงผลคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 166

ภาคผนวก ฉ..... 167

คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน 168

คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู..... 217

ภาคผนวก ช..... 239

แสดงการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งในการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง..... 240

ภาคผนวก ซ..... 243

ภาพประกอบการวิจัย..... 244

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 251

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงตำแหน่งการตกแบบอิสระของลูกบอลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	17
2	แสดงรายละเอียดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16C76 ที่ต่อใช้งานทั้งหมด	22
3	แสดงกิจกรรมการทดลองของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	51
4	สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการทดลองใช้ชุดทดลอง (Try Out) กับนักเรียนกลุ่ม 9 คน	54
5	แบบแผนการวิจัย	57
6	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเพื่อศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง	64
7	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	65
8	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	66
9	แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	67
10	แสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน	68
11	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน	68
12	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	69
13	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนและหลังเรียน	70
14	แสดงรายการอุปกรณ์สำหรับเครื่องจับเวลา และความเร็วของวัตถุ	106
15	การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบทดสอบวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	116
16	แสดงความแปรปรวนรายข้อ คะแนนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	117
17	สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	150
18	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	152
19	แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	154
20	สรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	155
21	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	159
22	สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) จากการทดลองใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	160
23	แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน	163

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
24	แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน.....	164
25	แสดงความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง.....	165
26	แสดงผลคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ก่อนเรียนและ หลังเรียน.....	166

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	การเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่ง	12
2	กราฟความเร็ว – เวลา ของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่	14
3	แสดงการกลิ้งของวัตถุทรงกลมจากระนาบเอียง	16
4	แสดงรูปร่างของ Micro Controller เบอร์ PIC16C76	21
5	การแสดง 7 – Segment และวงจรเสมือนของ 7 – Segment	24
6	แสดงการออกแบบชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา	101
7	แสดงขนาดของชุดแกนรางเอียงในหน่วย เซนติเมตร	102
8	แสดงชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 –90 องศากับแนวระดับ	103
9	การติดตั้งตัวบอกค่ามุมของชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้	103
10	การออกแบบและขนาดของชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า	104
11	ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมลูกกลมเหล็ก	105
12	แสดงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของวงจรเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ	108
13	แสดง Flow Chart ของโปรแกรม	110
14	ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ	112
15	การออกแบบชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้งสามส่วน	113
16	ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง	114
17	แสดงการแตกแรงองค์ประกอบในแกนระดับ(X) และแกนดิ่ง (Y) จากผลการทดลอง	241
18	ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมลูกกลมเหล็ก	244
19	แสดงชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุจำนวน 3 เครื่องที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	244
20	ชุดทดลอง กรณีแกนรางเอียงทำมุม 90 องศากับแนวระดับ	245
21	ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 3 ชุด	246
22	ผู้วิจัยทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง	246
23	การ Try Out แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียน 100 คน	247
24	การ Try Out ชุดทดลองกับนักเรียน 3 กลุ่ม 9 คน	247
25	นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบทดสอบก่อนเรียน	248
26	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำการทดลอง	248
27	นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 15 คน กำลังปฏิบัติการทดลองตามชุดทดลอง	249
28	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง.	249
29	นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน	250

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษามีบทบาทและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะในโลกยุคปัจจุบัน ทรัพยากรที่สำคัญในการพัฒนาก็คือ ทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ เนื่องจากความสามารถและศักยภาพในการผลิตของแต่ละประเทศขึ้นอยู่กับองค์ความรู้ของคนในชาติ ประเทศที่พลเมืองมีการศึกษาที่ดีย่อมได้เปรียบในการแข่งขันเสมอไม่ว่าจะเป็นด้านเกษตรกรรม หรือ อุตสาหกรรม การเพิ่มผลผลิตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ ที่จะสามารถคิดค้นประดิษฐ์ และประยุกต์ใช้ความรู้และเทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการผลิตได้เป็นสำคัญ ซึ่งคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ขึ้นอยู่กับการศึกษา (ปิยะชาติ โชคพิพัฒน์. 2536:9) ดังนั้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 – 2544) จึงมุ่งเน้นการพัฒนาคนเป็นสำคัญ หรือยึดคนเป็นศูนย์กลางโดยมีความเชื่อว่าหากคนได้รับการพัฒนา ได้รับการศึกษาที่ดีที่สุดคนเป็นปัจจัยสำคัญของความสำเร็จของการพัฒนาประเทศทุกด้าน (อำรุง จันทวานิช. 2542 : 2) โดยเฉพาะการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในการพัฒนาประเทศ และยังเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคน ดังนั้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีจึงจำเป็นสำหรับเยาวชน เพื่อให้มีทักษะในการแก้ปัญหา ฝึกฝนให้รู้จักคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล รู้จักตัดสินใจ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง มีเจตคติด้านวิทยาศาสตร์ มีความรู้ความเข้าใจทางด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2540 : คำนำ) ซึ่งการจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : คำนำ) ดังนั้นการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ จึงเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นให้คนเป็นนักคิด สามารถคิดวิเคราะห์หาเหตุผล และมีความตื่นตัวที่จะหาความรู้ ข้อเท็จจริงในเชิงวิทยาศาสตร์ตลอดเวลารวมถึงความสามารถที่จะนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ได้อย่างเหมาะสมกับความเป็นอยู่ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาประเทศ (สิปปนนท์ เกตุทัต. 2535 : 57 –58) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาของไทยที่ผ่านมาไม่ตอบสนองกระบวนการพัฒนาผู้เรียนเท่าที่ควร ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนการสอนมุ่งเน้นถ่ายทอดความรู้และเนื้อหา แต่ละเลยการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาศักยภาพของตนเป็นผลทำให้ผู้เรียนมีแต่ความรู้ขาดความคิด (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2542 : 2) ไม่มีสื่อ และกิจกรรมอื่นประกอบจึงส่งผลต่อความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ (วิทยากร เชียงกูล. 2541 : 137) และจากรายงาน สรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ พบว่าความสามารถของนักเรียนไทยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยปี พ.ศ. 2543 อยู่ในอันดับที่ 47 ซึ่งเป็นอันดับสุดท้าย (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 15) ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้จะต้องมุ่งเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ และเป็นจุดเปลี่ยนในการปฏิรูปการเรียนรู้ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และการจัดการศึกษาที่เสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนให้สามารถคิดเป็น ทำเป็น มีทักษะในการจัดการ มีคุณธรรม และรักการแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง (รุ่ง แก้วแดง. 2542 : 48 –46)

วิชาฟิสิกส์จัดว่าเป็นวิชาที่สำคัญที่สุดสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น สามารถค้นหาสาเหตุ และผลที่

เกิดขึ้น นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานของการนำไปประยุกต์ในวิชาต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทย์ศาสตร์ เป็นต้น ตลอดจนก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีอย่างมากมาย และจากการยืนยันผลการแข่งขันโอลิมปิกวิทยาศาสตร์พบว่าจุดอ่อนของประเทศไทยมีพื้นฐานอยู่ที่การเรียนการสอนฟิสิกส์ อันเป็นรากฐานของความสามารถในวิทยาศาสตร์แขนงอื่น และสำคัญที่สุดต่อสมรรถภาพในการพัฒนาเทคโนโลยี เราพัฒนาเทคโนโลยีเองไม่ได้ เพราะไม่มีนักฟิสิกส์ประเภทประยุกต์ที่ดีพอและจำนวนมากพอ นี้เป็นเหตุใหญ่ที่สุดที่ต้องแก้ไขโดยเร็ว (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2543 : 9) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) กำหนดให้วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาบังคับเลือก และวิชาเลือกเสรี เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงของนักเรียน ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาไม่บรรลุผลจากการประเมินคุณภาพทางการศึกษาของกรมวิชาการ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายปีการศึกษา 2540 พบว่ารายวิชาฟิสิกส์มีผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้คิดเป็นร้อยละ 28.12 และมีคะแนนเฉลี่ยในเกณฑ์ต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 70 (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 14) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานระดับคุณภาพการศึกษาปีการศึกษา 2540 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเขตการศึกษา 11 ในรายวิชาฟิสิกส์ของ วิมาน วรรณดำ (2542 : 91-92) พบว่า ระดับคุณภาพต้องปรับปรุงคิดเป็นค่าร้อยละ 82.10 อยู่ในเกณฑ์ดีเพียงร้อยละ 0.15 และอยู่ในเกณฑ์พอใช้ร้อยละ 17.75

สาเหตุที่ทำให้นักเรียนประสบความล้มเหลว เนื่องจากในการเรียนการสอนฟิสิกส์ ครูเน้นผลสุดท้าย คือการนำไปใช้แก้ปัญหาโจทย์แบบฝึกหัด โดยมักจะใช้วิธีการสอนเฉพาะการคำนวณและท่องจำ ไม่มีการสอนความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนความคิดรวบยอด (สมนึก บุญพาไสว. 2534 : 19) และปัญหาในการเรียนการสอนอีกส่วนหนึ่ง เกิดจากปัญหาขาดแคลนครูอาจารย์ สื่ออุปกรณ์ เทคโนโลยี และปัญหาจากคุณภาพสื่อการสอนมีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะกับเนื้อหา แสดงผลได้ไม่ชัดเจน (กรมสามัญ. 2540 :37) และการเรียนการสอนส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการทดลอง สอนโดยการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากปัญหาดังกล่าววิธีการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพได้ คือ การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพราะสื่อการเรียนการสอนเป็นสารที่จะนำความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ แต่จะเรียนรู้ได้มากหรือน้อยซึ่งขึ้นอยู่กับระดับปฏิบัติ โดยเฉพาะในระดับชั้นมัธยมศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรให้เด็กได้ฝึกปฏิบัติให้มากยิ่งขึ้น (สิปปนนท์ เกตุทัต. 2541 : 15) ซึ่งการใช้สื่อการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแก่นของความคิดได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ เป็นสื่อเชื่อมโยงระหว่างนามธรรมไปสู่รูปธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น กระตุ้นให้เกิดความสนใจ ช่วยเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่า และประโยชน์ขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สิ่งที่สำคัญอันหนึ่งคือ ทักษะกระบวนการทดลอง เพราะทักษะต่างๆ ที่ใช้การทำการทดลองจะช่วยเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น เพราะว่าวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาปรากฏการณ์หรือความจริงตามธรรมชาติ (ไชยยันต์ ศิริโชติ. 2541 : 79) การทดลองก็คือ แบบจำลองของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เรานำมาศึกษาในห้องเรียน เมื่อทำการทดลองสิ่งที่ต้องปฏิบัติตามมาคือการวัดและการเก็บข้อมูลปริมาณต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูลบางครั้งต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูล การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ไม่เฉพาะแต่วิชาฟิสิกส์เท่านั้น ปริมาณทางกายภาพใด ๆ ก็ตาม จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลได้ถูกต้องและชัดเจน ข้อสำคัญเราไม่จำเป็นต้องซื้อเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ เพราะเครื่องมือนี้เราสามารถสร้างขึ้นได้โดยใช้วัสดุที่มีในประเทศในราคาที่ถูกกว่าดังนั้น

วิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง อันเนื่องมาจากนักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจ หลักการพื้นฐานตลอดจนความคิดรวบยอด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก็คือ การสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอ ในการเรียนการสอน และยังช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทเรียน (Sharma.1982 : 262 –263) การที่ครูได้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้นจะได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อมา เพราะครูเป็นผู้ออกแบบสร้างอุปกรณ์เอง ย่อมทราบดีว่า ตนเองต้องการใช้ในเรื่องใดอย่างไร จึงสามารถออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวิธีสอนของตนเองได้ดีที่สุด (ธงชัย ชิวปรีชา. 2526 : 209) เพื่อให้การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์บรรลุวัตถุประสงค์ในการสอน จึงควรใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เป็นลู่ทางให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการลงมือกระทำ การทดลองโดยเลือกอุปกรณ์ ต่างๆที่เหมาะสมกับเนื้อหาในบทเรียนนั้น ๆ เป็นสำคัญ และด้วยการแก้ไขที่เหมาะสม

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยพิจารณาจากสภาพปัญหาการเรียนการสอนในปัจจุบัน และจากการรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และจากการพิจารณาวิเคราะห์หลักสูตรในเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงนี้จะพบว่า เนื้อหาการเคลื่อนที่ในแนวตรงซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณ อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง ระยะทาง การขจัด และเวลา กิจกรรมการเรียนการสอนของเนื้อหาส่วนนี้จะเป็นรูปแบบการบรรยายประกอบรูปภาพเป็นส่วนใหญ่และมีการทดลองเพียงการทดลองเดียว คือการตกอิสระของวัตถุ และมีกิจกรรมย่อยในการวัดอัตราเร็วของวัตถุโดยใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ซึ่งในกิจกรรมการทดลองเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุ พบว่ามีปัญหาการทดลองในเรื่องการจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงสั้นๆ ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่มี ระยะทาง และเวลา ซึ่งระยะทางนั้นเราสามารถใช้เครื่องมือวัดที่มีอยู่แล้ววัดได้ตามความเหมาะสม แต่การจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงสั้นๆ จะใช้นาฬิกาจับเวลาทั่วๆ ไปนั้นไม่สามารถจับเวลาได้ทันกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ และมีความผิดพลาดของข้อมูลมาก ในกิจกรรมนี้ในการที่จะได้ข้อมูลมานั้น ค่อนข้างยุ่งยาก และข้อมูลที่ได้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ และชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้วิจัยมุ่งหวังว่าการสร้างและพัฒนาสื่อสำหรับใช้ทดลองในเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมนักเรียนให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ข้อเท็จจริง และข้อสรุปต่างๆ ได้ชัดเจน และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ฝึกประสบการณ์ตรงอันส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ที่จะช่วยพัฒนาความคิดความสามารถ และยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะศึกษาหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80 / 80

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

4. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ความสำคัญของการวิจัย

1. การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ได้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้ในการสอนเสริมบทเรียนและพัฒนาการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

2. ทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีขอบเขตการดำเนินการ 3 ขั้นตอนแต่ละตอนมีขอบเขต ดังนี้

ตอนที่ 1 ขอบเขตการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่

ผู้วิจัยออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นชุดต้นแบบจำนวน 3 ชุดพร้อมคู่มือการใช้ชุดทดลองดังนี้

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สามารถใช้ทดลองและศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวตรงและปริมาณที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองจากคู่มือการใช้ชุดทดลองที่กำหนดให้

2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นได้รับการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยผู้วิจัยทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นและทำการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรง โดยทำการทดลองซ้ำการทดลองละ 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งการทดลองต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ทุกครั้ง จะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ขอบเขตการประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

การประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปีจำนวน 5 ท่านซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาการเคลื่อนที่ในแนวตรงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 2 ท่าน ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาสาขาฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 1 ท่าน

ตอนที่ 3 ขอบเขตการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตามเกณฑ์ 80 / 80

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 2 ห้องเรียนมีจำนวน 86 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ซึ่งเป็นนักเรียนที่จัดแบบคละความสามารถ โดยได้จากการสุ่ม 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกใช้วิธีสุ่มแบบจัดกลุ่ม (จาก 2 ห้องสุ่มมา 1 ห้อง) และขั้นที่ 2 สุ่มแบบแบ่งชั้นตามตัวแปรผลการเรียนเฉลี่ย (เก่ง ปานกลาง และอ่อน) เพื่อสุ่มนักเรียนมากลุ่มละ 5 คนรวม 15 คน

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

3.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2.2 เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชา ฟิสิกส์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533) เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง และในสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งประกอบไปด้วยการทดลองจำนวน 5 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรง

การทดลองที่ 2 เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

การทดลองที่ 3 เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

การทดลองที่ 4 เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 5 เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยการใช้สอนกับนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ในคาบอิสระและคาบว่าง จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ และใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการทดลองประกอบการสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และคู่มือการใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งชุดทดลองดังกล่าวมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1) ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 - 90 องศา 2) เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ และ 3) ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า

2. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง หมายถึง ความสามารถในการใช้ทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ ของวัตถุในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งพิจารณาผลการทดลองเบื้องต้นจากชุดทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลอง จำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งการทดลองต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ทุกครั้ง จะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

3. การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง หมายถึง คุณภาพของชุดทดลองที่พิจารณาจากลักษณะ 4 ด้าน คือ ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมในด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ผลการประเมินพิจารณาจากการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสำรวจมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามแบบวิธีของลิเคิร์ท โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่า ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5 , 4 , 3 , 2 และ 1 ตามลำดับ เครื่องมือประเมินนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวความคิดตามรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลอง ได้แก่ 5) ดีมาก 4) ดี 3) ปานกลาง 2) พอใช้ และ 1) ควรปรับปรุง

4. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู หมายถึง เอกสารประกอบการสอนที่มีรายละเอียดและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรมการทดลอง จุดประสงค์การทดลอง เวลาที่ใช้ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง แนวทางสรุปผลการทดลอง แนวคิดในการตอบคำถาม คำแนะนำเพิ่มเติม และเฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

5. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนที่ช่วยแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลอง เพื่อสะดวกในการฝึกปฏิบัติประกอบด้วย ใบความรู้ ชื่อกิจกรรมการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การหาผลสรุป คำถามท้ายการทดลอง และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

6. ประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง หมายถึง คะแนนที่ได้จากการสอบของนักเรียนทุกคน ที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์กำหนด 80 / 80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียน โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองโดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 80

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

8. เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง หมายถึง ความคิดเห็นที่แสดงออกทางใดทางหนึ่งต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยพิจารณาจากความรู้สึกนึกคิด การแสดงออกต่อกิจกรรมการทดลอง และการเห็นประโยนช์ของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในการวิจัยครั้งนี้วัดด้วยแบบสอบถามวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อตามวิธีของ ลิเคิร์ท (Likert Scale) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ถ้าเป็นข้อความเชิงนิมานหมายถึง 1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2) ไม่เห็นด้วย 3) ไม่แน่ใจ 4) เห็นด้วย และ 5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถ้าเป็นข้อความเชิงนิเสธความหมายของระดับคะแนนจะตรงกันข้าม

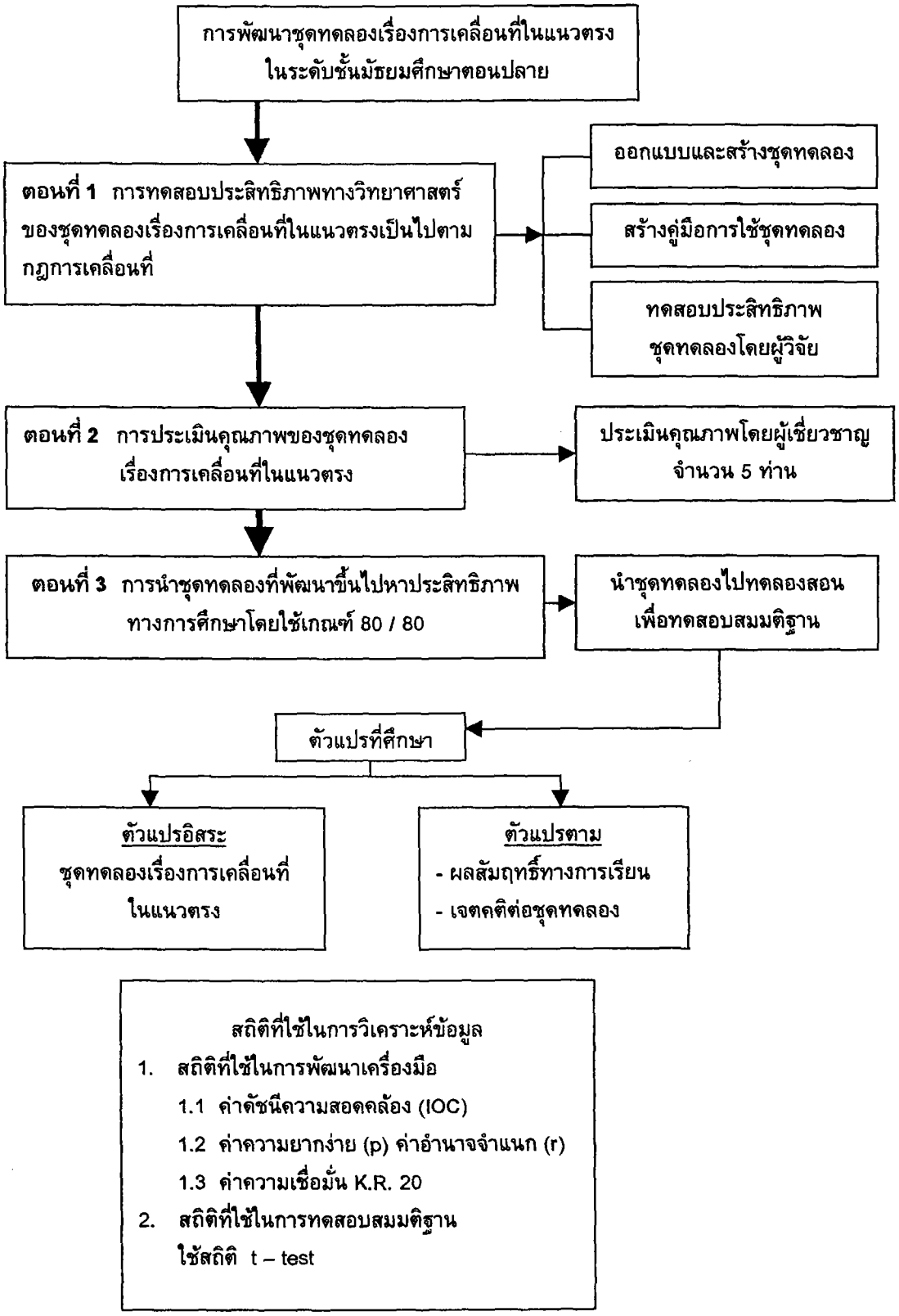
สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผู้เรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง
    - 1.1 การเคลื่อนที่ในแนวตรง
    - 1.2 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่
    - 1.3 อัตราเร็ว
    - 1.4 ความเร็ว
    - 1.5 ความเร่ง
    - 1.6 การเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงที่
    - 1.7 ความเร่งของแรงโน้มถ่วง
    - 1.8 วัตถุตกอย่างอิสระ
    - 1.9 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
    - 2.1 หลักการของดิจิตอล
    - 2.2 หลักการของเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุ
    - 2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16C76
    - 2.4 หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุ
    - 2.5 หลักการทำงานของการต่อ 7 – Segment แบบ Multiplex
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน
    - 3.1 ความหมายของสื่อการสอน
    - 3.2 ประเภทของสื่อการสอน
    - 3.3 สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์
    - 3.4 ประโยชน์ของสื่อการสอน
    - 3.5 บทบาทของสื่อการสอนต่อการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา
    - 3.6 หลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์
    - 3.7 ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี
    - 3.8 หลักการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์
    - 3.9 คุณค่าของสื่อการสอน
4. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    - 4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
    - 5.1 ความหมายของเจตคติ

5.2 ประเภทของเจตคติ

5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

5.4 เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

5.5 การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลองและเจตคติต่อชุดทดลอง

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. เอกสารที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง

1.1 การเคลื่อนที่ในแนวตรง (Linear motion)

สมพงษ์ ใจดี (2542 : 41 – 50) ; เฉลียว มณีเลิศ (2521 : 29 – 31) ; ไพโรจน์ ตีรณธนากุล (2521 : 42 – 43) ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2535 : 65 104) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรงไว้ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การเคลื่อนที่ (Motion) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุเกร็ง (ไม่เปลี่ยนรูปร่าง) ประกอบด้วยการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนตำแหน่ง เช่น การเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล และการหมุน เช่นการเคลื่อนที่รอบศูนย์กลางมวล การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยไม่ได้คำนึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ เรียกว่า จลนศาสตร์ (Kinematics)

จลนศาสตร์ของอนุภาค วัตถุใด ๆ อาจจะหมุนรอบตัวเองขณะที่เคลื่อนที่ไป เช่น ลูกเบสบอล ลูกบิลเลียด หรือมีการสั่นขณะที่เคลื่อนที่ก็ได้ ซึ่งเป็นสภาพของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปรากฏอยู่ประจำ การศึกษา และคำนวณหาพฤติกรรม การเคลื่อนที่ของวัตถุเช่นนี้ จะยุ่งยากเกินไป ดังนั้น เราอาจจะหลีกเลี่ยงความยุ่งยากเหล่านั้นได้ โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุก้อนเล็กมาก ๆ ซึ่งจัดเป็นอนุภาคเลยก็ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือมองวัตถุเป็นจุดมวลนั่นเอง เมื่อเป็นเช่นนี้ อนุภาควัตถุจะไม่มีความยาวหรือความหนาเลย และสามารถตัดพฤติกรรมการหมุน การสั่นสะเทือนออกไปได้ พิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่เท่านั้น

การเคลื่อนที่ในแนวตรง (Linear Motion) เป็นการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบง่ายที่สุดของการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนตำแหน่ง การเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุเกร็งเป็นการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล ซึ่งศูนย์กลางมวล (Centre of Mass) เป็นจุดซึ่งเสมือนที่รวมของมวลทั้งหมดของวัตถุ ศูนย์กลางมวลของวัตถุเกร็งเป็นจุดเดียวกับศูนย์ถ่วง (จุดแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุ)

ปริมาณทางฟิสิกส์ มี 2 ปริมาณ ดังนี้

1. ปริมาณเวกเตอร์ (Vector Quantity) คือ ปริมาณที่บอกทั้งขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม น้ำหนัก การกระจัด เป็นต้น

2. ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantity) คือ ปริมาณที่บอกขนาดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น เวลา มวล ระยะทาง อัตราเร็ว ปริมาตร ความหนาแน่น เป็นต้น

กรอบอ้างอิง (Frames of Reference) เป็นระบบพิกัดซึ่งติดอยู่กับพื้นผิวโลก ในทางดาราศาสตร์ตำแหน่งอาจจะวัดโดยเทียบกับดาวดวงหนึ่ง กรอบอ้างอิงน่าจะมีผลกระทบต่อสมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้ กรอบอ้างอิงควรจะเป็นระบบที่หยุดนิ่งกับที่ หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งเรียกว่า กรอบอ้างอิงเฉื่อย

1.2 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ วัตถุย่อมมีตำแหน่งเปลี่ยนไปตามเวลาโดยมีระยะทาง (Distance) ของการเคลื่อนที่ตามแนวทางที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นปริมาณสเกลาร์ สำหรับปริมาณเวกเตอร์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ คือ การกระจัด (Displacement) ส่วนขนาดของการกระจัดซึ่งเป็นสเกลาร์ ก็คือ ระยะทางที่สั้นสุดระหว่างตำแหน่งคู่หนึ่งของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ ด้วยเหตุนี้ ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่จึงเกี่ยวข้องกับปริมาณพื้นฐานเบื้องต้น คือ ระยะทาง การกระจัด และช่วงเวลา(Time Interval) โดยปริมาณสืบเนื่องที่สำคัญ ได้แก่ ความเร็ว (Velocity) และ ความเร่ง (Acceleration)

ระยะทาง (Distance ; S) หมายถึง ความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ทั้งหมดเป็นปริมาณสเกลาร์เพราะมีขนาดเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็น เมตร ระยะทางใช้สัญลักษณ์ "S"

การกระจัด (Displacement ; $\vec{S}$) คือ เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย มีหน่วยเป็นเมตรการขจัดใช้สัญลักษณ์ "$\vec{S}$" เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ระยะขจัดจะมีค่าเท่ากับระยะทาง

อัตราเร็ว (Speed ; V) หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ถ้าอัตราเร็วของวัตถุคงที่ เรียกว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ เป็นปริมาณสเกลาร์ ไม่คำนึงถึงทิศทาง มีค่าเป็นบวกเสมอ อัตราเร็วมีค่าเท่ากับขนาดของความเร็ว

1.3 อัตราเร็วของวัตถุ

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จะมีการเปลี่ยนตำแหน่ง วัตถุที่เคลื่อนที่ได้เร็วจะใช้เวลาในการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา จะหมายถึง อัตราเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

$$V_{ave} = \frac{S}{t} \qquad \text{_____ (1)}$$

เมื่อ

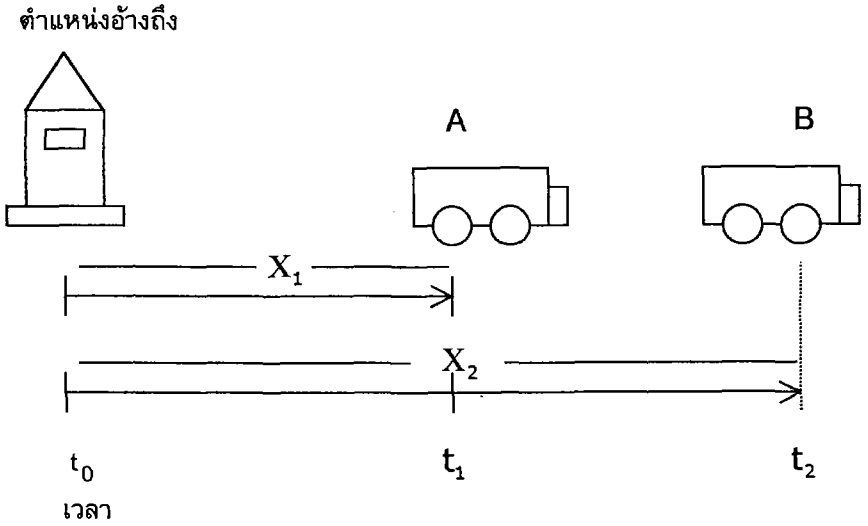
V_{ave} เป็นอัตราเร็วเฉลี่ย

S เป็นระยะทาง

t เป็นช่วงเวลาการเคลื่อนที่

ถ้าหาค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้น ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์เรียกอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้ว่า อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous Speed)

การอธิบายความหมายของอัตราเร็ว ขณะหนึ่ง และอัตราเร็วเฉลี่ยโดยใช้แผนภาพ



ภาพประกอบ 1 การเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่ง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541: 4)

จากภาพประกอบ 1 พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่งในแนวตรงโดยระบุตำแหน่งของรถตามแนวแกน X ของระบบพิกัดฉาก ถ้าก่อนออกเดินทางรถอยู่ที่ตำแหน่ง X_1 ณ เวลา t_1 และเมื่อสิ้นสุดการเดินทางรถอยู่ที่ตำแหน่ง X_2 ณ เวลา t_2

ระยะทางทั้งหมดของการเคลื่อนที่จะเท่ากับ $X_2 - X_1$ หรือเขียนเป็น ΔX

ส่วนช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่นี้จะเท่ากับ $t_2 - t_1$ หรือเขียนได้เป็น Δt เช่นกัน

ดังนั้นอัตราเร็วเฉลี่ยของการเดินทางในช่วงนี้หาได้จาก

$$V_{ave} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \quad \text{——————} \quad (2)$$

$$\text{หรือ } V_{ave} = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

จากสมการ (2) ถ้าให้เวลา t_1 และ t_2 ใกล้เคียงกันมากหรือกล่าวได้ว่าให้ Δt มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นนี้ก็คือ อัตราเร็วขณะหนึ่ง (V) ณ เวลากึ่งกลางเวลาของช่วงเวลา t_1 และ t_2 นั่นเอง

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} \text{ เมื่อ } \Delta t \text{ เข้าใกล้ศูนย์} \quad \text{——————} \quad (3)$$

1.4 ความเร็ว (Velocity)

ความเร็ว (Velocity ; $\vec{V}$) คือ อัตราการกระจัดที่เปลี่ยนไปต่อช่วงเวลา ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{V}$ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ที่เวลาใด ๆความเร็วจะสัมพันธ์กับตำแหน่งโดยสมการ

$$\text{ความเร็ว} = \frac{\textbf{การกระจัด}}{\textbf{ช่วงเวลา}}$$

หรือ $\vec{V} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$

เมื่อ $\vec{V}$ = ความเร็ว มีหน่วย เมตรต่อวินาที หรือ m/s

$\Delta\vec{s}$ = การกระจัด มีหน่วยเป็น เมตร หรือ m

Δt = ช่วงเวลา มีหน่วยเป็น วินาที หรือ s

ความเร็วเฉลี่ยและความเร็วขณะหนึ่ง

จากภาพประกอบ 1 รถยนต์เปลี่ยนตำแหน่งจาก X_1 ณ เวลา t_1 ไปยังตำแหน่ง X_2 ณ เวลา t_2 เมื่อพิจารณาการกระจัดของรถยนต์ โดยเทียบกับจุด O ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงในระบบพิกัดฉากได้

ในเวลา $t_2 - t_1$ มีการกระจัด $\vec{d} = \vec{X}_2 - \vec{X}_1$ มีทิศจากจุด O ไปยัง X_2 การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

$$\vec{V}_{ave} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

$$\text{หรือ } \vec{V}_{ave} = \frac{\vec{X}_2 - \vec{X}_1}{t_2 - t_1} \text{ ———————— (4)}$$

ถ้าเวลา $t_2 - t_1$ เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ความเร็วเฉลี่ย คือ ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous Veloity)

$$\vec{V} = \frac{\Delta\vec{X}}{\Delta t} \text{ เมื่อ } \Delta t \text{ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ———————— (5)}$$

1.5 ความเร่ง (Acceleration)

ความเร่ง (Acceleration) เป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้ อาจเปลี่ยนแปลงเฉพาะขนาดของความเร็ว หรือเฉพาะทิศทางของความเร็วหรือทั้งขนาดและทิศทางพร้อมกันก็ได้ เนื่องจากความเร็วที่เปลี่ยนไปเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น ความเร่งจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ และเขียนแทนด้วย $\vec{a}$

ถ้า ΔV แทนความเร็วของอนุภาคที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

โดย $\vec{a}$ แทนความเร่ง มีหน่วย เมตรต่อวินาที^{2}

ถ้า ΔV เป็น + กล่าวคือ อนุภาคมีความเร็วเพิ่มขึ้น a ย่อมแทนความเร่ง

แต่ถ้า ΔV เป็น - อนุภาคย่อมมีความเร็วลดลงขณะนั้น a จะแทนความหน่วง

สำหรับค่าความเร่งในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ใด ๆ เรียกว่า ความเร่งเฉลี่ย $\vec{a}_{ave}$ (Average Acceleration) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมดกับช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น

$$\vec{a}_{ave} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad \text{———————} \quad (6)$$

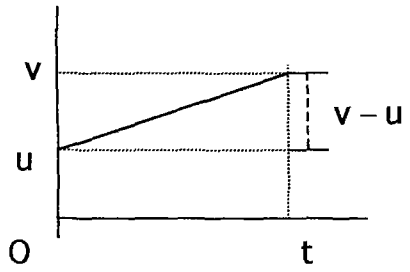
จากสมการ (6) จะเห็นว่าหน่วยของความเร่งเป็นหน่วยของความเร็วต่อเวลา ซึ่งในระบบเอสไอใช้หน่วยของความเร่งเป็นเมตรต่อวินาที^{2}

สำหรับช่วงเวลา Δt มีค่าน้อยจนเข้าใกล้ศูนย์ความเร่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็น ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous Acceieration) ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงเวลา Δt นั้น

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{a}}{\Delta t} \text{ เมื่อ } \Delta t \text{ เข้าใกล้ศูนย์} \quad \text{———————} \quad (7)$$

1.6 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่

เนื่องจาก $a = \frac{dv}{dt}$ ความเร่งจึงมีทิศทางเช่นเดียวกับทิศทางของความเร็วที่เปลี่ยนสำหรับกรณีความเร่งคงที่ ทิศทางของ a จะต้องคงเดิม และแสดงว่า ทิศทางของความเร็วที่เปลี่ยนจะต้องคงเดิม หรือกล่าวได้ว่า ความเร็วเพิ่ม เนื่องมาจากขนาดของความเร็วที่เพิ่ม อนุภาคที่เคลื่อนที่ตามลักษณะดังกล่าว จะต้องเคลื่อนที่ในแนวตรง เช่น อนุภาค ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ในแนวราบ และอนุภาคที่ตกลงในแนวดิ่งโดยเสรีภายใต้ความโน้มถ่วงของโลก อนึ่งถ้าอนุภาคเคลื่อนที่ในแนวตรงตามแนวราบโดยไม่มีความเร่งแสดงว่าขณะนั้นอนุภาคมีความเร่งคงที่



ภาพประกอบ 2 กราฟความเร็ว –เวลาของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ โดยมีความเร็วเริ่มต้นเป็น u เราสามารถหาความเร็วหลังจากวัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นเวลา t วินาทีได้โดยดัดแปลงสมการ

$$a = \frac{v - u}{t - 0} = \frac{v - u}{t}$$

หรือ $v = u + at$ ——————— (8)

ถ้าเราต้องการหาระยะทางหลังจากวัตถุเคลื่อนที่ไปได้ t วินาที เราก็สามารถหาได้โดยการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ ความเร็ว – เวลา ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม = ut และพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม = $\frac{1}{2}t(v-u)$ ดังนั้น

$$S = ut + \frac{1}{2}t(v-u)$$

สมการ (8) เราทราบว่า

$$v - u = at$$

ดังนั้น

$$S = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{_____} \quad (9)$$

ถ้าความเร็วเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว) เราจะได้

$$\bar{v} = \frac{1}{2}(u+v)$$

และระยะทาง S หาได้จากสมการ

$$S = vt = \frac{1}{2}(u+v)t \quad \text{_____} \quad (10)$$

จากสมการ (8) เราพบว่า

$$t = \frac{v-u}{a}$$

แทนค่า t ในสมการ (9) จะได้

$$S = \frac{1}{2}(u+v)(v-u)/a$$

$$= \frac{v^2-u^2}{2a}$$

หรือ $2as = v^2 - u^2$

ดังนั้น $v^2 = u^2 + 2as \quad \text{_____} \quad (11)$

1.7 ความเร่งจากแรงโน้มถ่วง (Acceleration of Gravity)

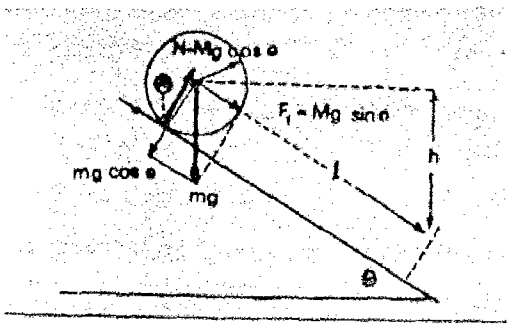
วัตถุทุกชนิดเมื่อปล่อยจากที่สูงจะตกลงมาสู่ผิวโลกด้วยความเร่งเกือบคงที่ เรื่องดังกล่าวนี้ค้นพบโดยกาลิเลโอ (Galileo Galilei .1564 -1642) ด้วยการสังเกตจากการทดลองปล่อยวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันพร้อม ๆกัน จากหอเอนปิซา (Pisa) กาลิเลโอ พบว่า วัตถุทั้งสองตกถึงพื้นด้วยเวลาที่ใกล้เคียงกันต่อจากนั้นมากาลิเลโอ ได้ทำการทดลองอย่างเป็นระบบ (Systematic Experiment) หลาย ๆ ครั้งโดยทดลองสังเกต

การเคลื่อนที่ของวัตถุบนระนาบเอียง (Inclined Plane) ด้วยการวัดระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่อย่างรอบคอบ กาลิเลโอแสดงให้เห็นว่าการกระจัดของวัตถุจากที่เริ่มต้นหยุดนิ่งเป็นสัดส่วนกับเวลา ยกกำลังสอง จากความ สำเร็จของกาลิเลโอ นี้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษากลศาสตร์ (Science of Mechanics) เป็นรากฐานที่สำคัญยิ่งที่นิวตัน ได้ศึกษาพัฒนากฎการเคลื่อนที่ (The law of Motion)

กาลิเลโอพบว่า วัตถุทั้งหลายที่ตกลงมาบนพื้นโลกอย่างอิสระมีความเร่งเท่ากัน ความเร่งนี้เรียกว่าความเร่งของแรงโน้มถ่วง (ใช้สัญลักษณ์ g แทน) มีค่าประมาณ 9.8 m/s^2 ในการทำแบบฝึกหัดจะใช้ค่า g = 10 m/s^2 ดังนั้น ถ้าวัตถุที่เดิมอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง เมื่อปล่อยให้ตกลงมาอย่างอิสระจะมีความเร็วเริ่มต้นเป็น 9.8 m / s เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที แรก ความเร็วจะเปลี่ยนเป็น 19.6 m /s เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงพื้น ยิ่งวัตถุตกจากที่สูง มาก ๆ วัตถุจะมีความเร็วสูงและกระทบพื้นแรงกว่าวัตถุที่ตกลงมาจากที่ต่ำ ความเร่งจะเท่ากันทั้งสองกรณี

ความเร่งในการกลิ้งของวัตถุทรงกลมบนระนาบเอียง

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และทวีศักดิ์ แก้วซีม. (2539 : 282-284) การหาความเร่งในการกลิ้งของวัตถุทรงกลมบนระนาบเอียงทำมุม θ โดยวัตถุมีมวล M และรัศมี R ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงการกลิ้งของทรงกลมจากระนาบเอียง
ที่มา : ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, กลศาสตร์ (2539 : 283)

วัตถุทรงกลมกลิ้งลงมาเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีค่าเท่ากับ Mg และแรงบิดนี้จะทำให้หมุน (โดยจุดหมุนที่ A) จะมีค่า

$$\tau_A = R M g \sin\theta$$

ดังนั้น ความเร่งเชิงมุมของการหมุนเท่ากับ

$$a = \frac{\tau_A}{I_A} = \frac{RM\ g\ \sin\theta}{3/2\ MR^2}$$

$$= \frac{2}{3}\frac{g\ \sin\theta}{R}$$

ความเร่งตามเส้น

$$a_C = aR = \frac{2}{3} g \sin\theta \quad \text{_____ (12)}$$

1.8 วัตถุตกอย่างอิสระ (Freely Falling Body)

การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ที่พบมากที่สุดคือความเร่งในวัตถุที่ตกลงสู่พื้นโลก ความเร่งดังกล่าวนี้เกิดจากแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการตกของวัตถุในแนวดิ่ง จึงเป็นพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่อีกรูปหนึ่ง อันที่จริงแล้วแรงดึงดูดจะแปรเพิ่มไปกับมวลของวัตถุ และการเคลื่อนที่ของวัตถุจะถูกต้านโดยอากาศ แต่ในที่นี้จะไม่คำนึงถึงมวลของวัตถุ และแรงต้านทานของอากาศ โดยถือว่าไม่มีแรงใด ๆ มากระทำบนวัตถุนอกจากแรงดึงดูดของโลกเท่านั้น การตกของวัตถุจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเป็นการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติ และเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพราะว่าเมื่อวัตถุเริ่มตกนั้น ความเร็วของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อวัตถุตกความเร็วของวัตถุมีค่าเปลี่ยนไปจากศูนย์ เราเรียกว่า "วัตถุตกอย่างอิสระ" การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแกน y แต่แรงดึงดูดของโลกซึ่งแทนด้วยอักษร g มีทิศทางลงสู่พื้นโลก ดังนั้นถ้าทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวแกน +y ค่าความเร่งจะมีค่า a = -g

เราจะได้สมการตกอย่างอิสระเป็นดังนี้

$$\left.\begin{array}{lll} \text{จากสมการ} \quad v = v_o - gt \\ \text{สมการ} \quad y = \dfrac{v_0 - v}{2}t \\ \text{สมการ} \quad y = v_o t - \dfrac{1}{2}gt^2 \\ \text{และสมการ} \quad v^2 = v_o^{\,2} - 2gy \end{array}\right\} \qquad (13)$$

ตาราง 1 แสดงตำแหน่งการตกแบบอิสระของลูกบอลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

ตำแหน่ง (m)	เวลาที่วัตถุตก (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)
0	0	0	-9.8
-4.9	1	-9.8	-9.8
-19.6	2	-19.6	-9.8
-44.1	3	-29.4	-9.8

ที่มา : Louis A Bloomfield. (2001 : 14)

จากตาราง 1 แสดงตำแหน่งการตกแบบอิสระของลูกบอล ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะพบว่าความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และค่าความเร่งแต่ละจุดเท่ากันทุกตำแหน่งที่วัตถุตกลงมาซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2

1.9 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

สาเหตุที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในรูปแบบที่แตกต่างกันนั้น อธิบายได้โดยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันสรุปไว้มี 3 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่หนึ่ง กล่าวว่า "วัตถุทุก ๆ อันจะอยู่ในสภาวะนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรงตลอดไปจนกว่าจะมีแรงภายนอกมากระทำให้มันเปลี่ยนสภาวะ"

หรือกล่าวได้อีกแบบหนึ่ง คือ หากไม่มีแรงมากระทำกับวัตถุ ความเร็วของมันจะไม่เปลี่ยนแปลง และถ้าหากตอนแรกวัตถุนั้นอยู่นิ่ง มันจะยังคงหยุดนิ่งต่อไป แต่ถ้าหากวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่อยู่ มันจะยังเป็นเช่นนั้นด้วยค่าความเร็วคงที่ ความเร็วคงที่ หมายถึง ไม่เกิดการเปลี่ยนทิศทางและขนาดของความเร็ว เมื่อวัตถุนั้นหยุดนิ่ง ค่าความเร็วมีค่าเป็นศูนย์

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า"กฎความเฉื่อย"(Law of Innertia) หมายถึง วัตถุพยายามรักษาสภาพเดิมของการเคลื่อนที่ไว้

กฎข้อที่สอง กล่าวว่า "อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเทียบกับเวลา ของอนุภาคอันหนึ่งเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงที่กระทำต่ออนุภาคนั้น และอัตราการเปลี่ยนทิศของโมเมนตัมจะอยู่ในทิศของแรงนั้น"

กฎข้อที่สอง กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า วัตถุจะมีความเร่งได้ก็ต่อเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ โดยความเร่งที่เกิดขึ้นจะต้องมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์เสมอ กฎข้อนี้เป็นการให้ความหมายเกี่ยวกับแรง และได้มาจากการทดลอง เนื่องจากแรงจะแปรผันตรงกับค่าความเร่ง จากการทดลองพบว่า แปรผันตรงกับ $\vec{a}$ และ $\vec{a}$ แปรผันตรงกับ $\frac{1}{m}$ ดังนั้นโดยทั่วไปกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจึงถูกเขียนอยู่ในรูป

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

$\sum \vec{F}$ แทน แรงลัพธ์

เครื่องหมาย $\sum$ อ่านว่า ซิกม่า หมายถึง การรวมกัน สามารถใช้คำว่าแรงสุทธิ แทน $\sum \vec{F}$ ก็ได้ เพราะแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทิศทางที่ชัดเจน และจะต้องถูกรวมแบบเวกเตอร์

m แทน มวลของวัตถุ

$\vec{a}$ แทน ความเร่ง

กฎข้อที่ 2 ของนิวตันถือได้ว่าเป็นความคิดหลักของกฎการเคลื่อนที่ ตามกฎนี้ค่าความเร่งของวัตถุจะถูกบอกโดย 2 ปริมาณ คือ ค่าแรงลัพธ์และค่ามวลของวัตถุนั้น แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุก่อให้เกิดความเร่ง ซึ่งเป็นไปตามสมการ $\vec{F} = m\vec{a}$

จากสมการนี้พบว่าหน่วยของแรง มาจากผลคูณของ มวล m และความเร่ง $\vec{a}$ ดังนั้นหน่วยของแรงคือ กิโลกรัม คูณ เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง ($kg.m/s^2$) ซึ่งถูกเรียกชื่อใหม่ว่า นิวตัน หรือเขียนว่า N กฎข้อนี้แรงที่จะนำมาใช้คิดคำนวณจะเป็นแรงจากภายนอกทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ ไม่ใช่เป็นเพียงแรงใดแรงหนึ่งในหลาย ๆ แรง

กฎข้อที่สาม กล่าวว่า "สำหรับแรงกริยา (Action) ทุก ๆ ค่าจะมีแรงปฏิกิริยา (Reaction)ที่เท่ากันและสวนกันเสมอ"

กล่าวโดยสรุป ถ้าวัตถุ A ออกแรงกระทำต่อวัตถุ B วัตถุ B จะออกแรงกระทำต่อวัตถุ A ด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่กระทำในทิศตรงกันข้าม

ถ้ากำหนดให้ $\vec{F}_{AB}$ เป็นแรงที่วัตถุ A กระทำต่อวัตถุ B และ $\vec{F}_{BA}$ เป็นแรงที่วัตถุ B กระทำต่อวัตถุ A จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

แรงคู่นี้เกิดขึ้นพร้อมกันในแนวเส้นตรงเดียวกัน แต่กระทำกับวัตถุต่างก้อนกัน จะนำมาหักล้างกันเป็นศูนย์ไม่ได้ เรียกแรงคู่นี้ว่า แรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยา

จากเอกสารเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุดังกล่าวข้างต้น เป็นทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของเนื้อหาวิชา และสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเพื่อนำไปใช้เป็นขอบข่ายในการสร้างกิจกรรมการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงของปริมาณต่าง ๆ ได้แก่ อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และการตกของวัตถุอย่างอิสระ ตลอดจนการอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ประทีป บัญญัตินพรัตน์ (2527 : 1 – 13), ธนัท ชัยยุทธ (2521 : 356 –362) , ยืน ภู่วรวรรณ (2540 : 33 –58) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์สรุปได้ดังนี้

2.1 หลักการของดิจิตอล

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic System) เป็นระบบที่ประกอบขึ้นจากการรวมเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit) มาต่อรวมกันเพื่อการทำงานตามฟังชั่น เพื่อการทำงานที่กำหนด ตัวอย่างระบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ดิจิตอล ออสซิลโลสโคป นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องคิดเลขอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่อสัญญาณป้อนเข้ามายังระบบและผลตอบสนองที่เกิดขึ้นเราสามารถแบ่งระบบอิเล็กทรอนิกส์ออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ระบบอิเล็กทรอนิกส์ดิจิตอล (Digital Electronic System)
2. ระบบอิเล็กทรอนิกส์อนาลอก (Analog Electronic System)

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบอนาลอกเป็นระบบที่ทำงานต่อจำนวนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องกัน เช่น อุณหภูมิ หรือ แรงดัน จำนวนดังกล่าวนี้เราเรียกว่า จำนวนอนาลอก เมื่อจำนวนนี้ถูกเปลี่ยนเป็นระดับแรงดันก็ต้องเป็นแบบต่อเนื่องกัน อุปกรณ์อนาลอก เช่น เครื่องขยาย (Amplifier)ส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิตอล เป็นระบบที่ทำงานต่อจำนวนที่ไม่ต่อเนื่องกันที่เรียกว่า แบบดีสครีท (Discrete) เช่นค่าตัวเลขในฐานสิบ (0 , 1 , 2 , ... , 9) จำนวนที่เป็นดิสครีทเหล่านี้สามารถเขียนแสดงเป็นค่าแรงดันได้เรียกว่า แรงดันดิจิตอล (Digital Voltage) หรือระดับแรงดัน (Voltage Level) แรงดันดิจิตอลอาจเปลี่ยนแปลงได้แต่การเปลี่ยนแปลงจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องกัน

หลักการของอุปกรณ์ทางดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์ทางดิจิตอลที่ทำงานสำหรับระบบนั้นเราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เกท (Gate) และอุปกรณ์ความจำ (Memory Devices) หรือที่เรียกว่า ฟลิป – ฟลอป (Flip – Flop)

วงจรเกท

การทำงานที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบดิจิตอลก็คือ งานการตัดสิน ตัวอย่างง่าย ๆ เช่น "ไฟสัญญาณเตือนจะติดหรือดับ" รีเลย์จะทำงานหรือไม่ กระบวนการในลักษณะนี้เรียกว่า ลอจิก (Logic) ลอจิกไบนารี (Binary Logic) เป็นลอจิกที่ตัดสินนั้นจะมีผลที่ได้เป็น 2 สถานะ เช่น ดวงไฟติดหรือไม่ก็ดับ เนื่องจากว่า ดิจิตอล มีการทำงานในลักษณะคล้ายสวิตช์ จึงมีสถานะอยู่เพียง 2 สถานะ คือ สถานะนำกระแส (ON) กับสถานะหยุดนำกระแส (OFF) ถ้าให้สัญญาณข้อมูลให้กับอินพุทมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขภายในวงจร ก็สามารถนำกระแสได้ตามเงื่อนไข ถ้าข้อมูลที่ให้สัญญาณเข้าไปไม่สอดคล้องกับเงื่อน

ไขวงจรนั้น ๆ ก็ไม่สามารถนำกระแสได้ เรียกการทำงานลักษณะนี้ว่า การทำงานด้วย "ตรรกกะ" (Logic) นั่นคือ ถ้าให้ ลอจิก 1 เป็นรหัส ในกรณีที่วงจรสามารถนำกระแสได้ ให้ลอจิก 0 เป็นรหัส ในกรณีที่วงจรไม่นำกระแส แสดงว่าลอจิก 1 หมายถึง สวิตช์ "ON" ทำให้เอาว์พุทมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น ถ้าลอจิก 0 หมายถึง สวิตช์ "OFF" ทำให้เอาว์พุทมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็น "ศูนย์" หรือบางครั้งอาจจะใช้ว่า ลอจิก 1 ไฟสูง (H = High) ลอจิก 0 คือไฟต่ำ (L = Low) ก็ได้

วงจรฟลิป – ฟลอป

อุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการทำงานของวงจรดิจิตอล คือ ฟลิป – ฟลอป เป็นอุปกรณ์ทางไบนารี่ ที่สามารถใช้จำอินพุทของตัวมันเองได้ แม้ว่าอินพุทจะถูกนำออกไปหรือหมดไปแล้ว ตัวอย่างเช่น สัญญาณ สัญญาณเตือนภัย จากไฟแบบใช้เสียง

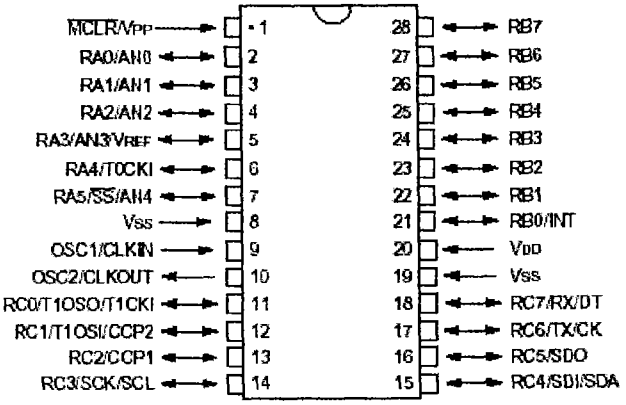
วงจรรวมดิจิตอล

วงจรดิจิตอลแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ วงจรแบบดิสครีท (Discrete Circuit) และแบบวงจรรวม (Integrated Cicuit) วงจรแบบดิสครีทนั้นเป็นวงจรที่เรานำอุปกรณ์ย่อย เช่น ไดโอดทรานซิสเตอร์ ความต้านทาน คาปาซิเตอร์ ต่างๆ มารวมกัน วงจรดิจิตอลอีกรูปแบบหนึ่งคือ แบบวงจรรวมหรือที่เราเรียกว่า ไอซี (IC) ซึ่งเป็นตัวย่อของคำว่า Integated Circuit เป็นวงจรที่รวมเอาอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ความต้านทาน เข้าไว้บนฐานเดียวกันที่เรียกว่า ชิพ (Chip) ในการใช้งานวงจรดิจิตอลนั้น ส่วนมากจะใช้วงจรรวมมากกว่า วงจรดีสครีท

2.2 หลักการของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุมีหลักการจากการใช้ลำแสง อินฟราเรด (Infrared) เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของวัตถุว่าเข้าถึงจุดเริ่มจับเวลาเมื่อใดและถึงจุดหยุดจับเวลาเมื่อใด โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถส่องแสงอินฟราเรดได้ ชนิดเดียวกับที่อยู่ใน รีโมท คอนโทรล ของโทรทัศน์ ซึ่งจะทำการออกแบบวงจรให้มีการส่องแสงอินฟราเรด อยู่ตลอดเวลา(ตัวส่ง) และออกแบบให้มีตัวรับแสงอินฟราเรดจากตัวส่งเพื่อส่งสถานะการรับแสงไปให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เพื่อให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ในการตัดสินใจในการเริ่มนับเวลานาฬิกาและหยุดนับ เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบจุดเริ่มต้น และ จุดที่ต้องการจับเวลา เราจึงต้องมีตัวส่งและรับสองชุด โดยชุดแรกจะใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อเริ่มจับเวลา และอีกชุดเพื่อใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลาโดยที่เมื่อใดก็ตามที่มีวัตถุใดๆมาบังลำแสงไม่ให้ตกกระทบถึงตัวรับ ตัวรับจะส่งสัญญาณไปให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทราบว่ามีวัตถุผ่านเข้ามา ทราบโดยการเขียนโปรแกรม (Program) เพื่อตรวจสอบสัญญาณจากตัวรับ ก็จะเริ่มนับเวลาจากเวลา 00:00 และนับไปเรื่อยๆจนกว่าวัตถุนั้นจะไปบังลำแสงที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลา ซึ่งจะทำให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หยุดการนับเวลาและแสดงเวลาที่หยุดในขณะนั้น นั่นคือเวลาความเร็วของวัตถุจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่ต้องการจับเวลา หลังจากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะคำนวณเวลาที่ได้เป็นความเร็วมีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที และแสดงผลที่ได้ที่ตัวแสดงผล และจะแสดงผลที่ได้จะกระทั่งมีการกดปุ่ม รีเซ็ต (Reset) ซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่

2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16C76



ภาพประกอบ 4 แสดงรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16C76

PIC16C76 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ที่จัดอยู่ในกลุ่มของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) กล่าวคือจะมีคำสั่งน้อยมากเพียง35คำสั่งเท่านั้น และทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นได้ด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียว (โดยใช้เวลา 250 nSec (250*(1*10e-9) วินาที) ต่อคำสั่งเมื่อใช้ตัวกำเนิดความถี่ที่ 4 MHz) PIC16C76 มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) เป็นแบบแฟลช (Flash) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เขียนและลบได้ด้วยสัญญาณไฟฟ้านับพันครั้ง

คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16C76

สามารถแบ่งคุณสมบัติออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit :CPU) ส่วนของเพอริเฟอรัล(Peripheral) และคุณสมบัติอื่นๆ

คุณสมบัติทางเทคนิคของหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU

- CPU เป็นแบบ RISC
- มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง
- ทุกคำสั่งใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 1cycle ของสัญญาณนาฬิกา
- หน่วยความจำข้อมูล(Data Memory) เป็นแบบ อีอีพรอม (EEPROM) เก็บข้อมูลได้แม้ไม่จ่ายแรงดันไฟ แบบลบและเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้ง และเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี

คุณสมบัติทางเพอริเฟอรัล(Peripheral)

- มี ขา Input / Output 22 ขาสามารถกำหนดเป็น Input / Outputได้อย่างอิสระ
- กระแสของ Input / Output พอที่จะขับแอลอีดี (Light Emitting Diode)ได้โดยตรง

คุณสมบัติอื่นๆ

- สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม
- มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- เขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา
- ย่านไฟเลี้ยง 2.0-6.0 โวลต์

ท 152614 ธ.2

ตาราง 2 แสดงรายละเอียดขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16C76 ที่ต่อใช้งานทั้งหมด

ชื่อขา	ขาที่	ชนิดของขา	รายละเอียด
OSC1/CLKIN	9	อินพุท	- เป็นขาสำหรับรับสัญญาณ Clock จากคลิสตอลหรือจากภายนอก
OSC2/SLKOUT	10	เอ้าต์พุท	- เป็นขาสำหรับรับสัญญาณ Clock จากคลิสตอลหรือส่งออกภายนอก
MCLR	1	อินพุท	- เป็นขาสำหรับรับสัญญาณ Reset โดยทำงานที่ Logic "LOW"
ขาสัญญาณ PORT A			
RA0	2	อินพุท / เอ้าท์พุท	- เป็นขาอินพุท / เอ้าท์พุท 2 ทิศทาง (รับและส่งข้อมูล
RA1	3	อินพุท / เอ้าท์พุท	แบบ Digital ,Logic "LOW" และ "High")
RA2	4	อินพุท / เอ้าท์พุท	-ทุกขา (RA0 – RA5) จะเป็น อินพุท หรือ เอ้าท์พุท
RA3	5	อินพุท / เอ้าท์พุท	ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมว่าจะ อ่าน หรือ เขียน
RA4/TOCKI	6	อินพุท / เอ้าท์พุท	ข้อมูลกับขานั้นๆ
RA5	7	อินพุท / เอ้าท์พุท	
ขาสัญญาณ PORT B			
RB0/INT	21	อินพุท / เอ้าท์พุท	- เป็นขาอินพุท / เอ้าท์พุท 2 ทิศทาง (รับและส่งข้อมูล
RB1	22	อินพุท / เอ้าท์พุท	แบบ Digital ,Logic "LOW" และ "High")
RB2	23	อินพุท / เอ้าท์พุท	ทุกขา (RB0 – RB7) จะเป็น อินพุท หรือ เอ้าท์พุท
RB3	24	อินพุท / เอ้าท์พุท	ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมว่าจะ อ่าน หรือ เขียน
RB4	25	อินพุท / เอ้าท์พุท	ข้อมูลกับขานั้นๆ
RB5	26	อินพุท / เอ้าท์พุท	-ขา RB0/INT ใช้เป็นขาอินพุทรับสัญญาณ Interrupt
RB6	27	อินพุท / เอ้าท์พุท	ด้วย
RB7	28	อินพุท / เอ้าท์พุท	
ขาสัญญาณ PORT C			
RC0	11	อินพุท / เอ้าท์พุท	- เป็นขาอินพุท / เอ้าท์พุท 2 ทิศทาง (รับและส่งข้อมูล
RC1	12	อินพุท / เอ้าท์พุท	แบบ Digital ,Logic "LOW" และ "High")
RC2	13	อินพุท / เอ้าท์พุท	ทุกขา (RC0 – RC7) จะเป็น อินพุท หรือ เอ้าท์พุท
RC3	14	อินพุท / เอ้าท์พุท	ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมว่าจะ อ่าน หรือ เขียน
RC4	15	อินพุท / เอ้าท์พุท	ข้อมูลกับขานั้นๆ
RC5	16	อินพุท / เอ้าท์พุท	
RC6	17	อินพุท / เอ้าท์พุท	
RC7	18	อินพุท / เอ้าท์พุท	
Vss	8,19	ขาต่อไฟเลี้ยง	- ต่อกับแรงดันไฟลบ (Ground)
Vdd	20	ขาต่อไฟเลี้ยง	- ต่อกับแรงดันไฟบวก ตั้งแต่ 2- 6 โวลต์

2.4 หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

อินฟราเรด ไดโอด ตัวส่ง (Infrared Diode : D1-D5) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ที่ทำหน้าที่เปล่งแสงอินฟราเรดออกมาเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟอย่างถูกต้อง อินฟราเรดเป็นย่านของแสงย่านหนึ่ง ที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็น ถูกนำมาใช้เพราะย่านนี้มีสัญญาณรบกวนจากธรรมชาติต่ำ

อินฟราเรด ไดโอด ตัวรับ (Infrared Diode : D6-D10) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ(Semiconductor) ที่ทำหน้าที่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันได้ เมื่อตัวมันได้รับแสงอินฟราเรด และจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมัน ถ้าตัวมันได้รับแสงชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่แสงอินฟราเรด

รีซีสเตอร์ (Resistor : R1-R5) ความต้านทาน ทำหน้าที่กำหนดกระแสให้ไหลผ่านอุปกรณ์เปล่งแสง อินฟราเรด อย่างเหมาะสม

รีซีสเตอร์ (Resistor : R6-R10) ความต้านทาน ทำหน้าที่กำหนดกระแสให้ไหลผ่านอุปกรณ์รับแสงอินฟราเรด อย่างเหมาะสม

ไอซี (IC: LM339 : U1, U2) เป็นไอซีประเภท ออฟ แอมฟ์ (OP-AMP : Operational Amplifier) แบบเปรียบเทียบ (Comparator) ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างขา บวก (+) และขาลบ (-) ถ้าแรงดันที่ขาบวกมากกว่าขาลบจะทำให้ขาเอ้าพุท มีแรงดันไฟบวก 5 โวลต์ ในทางกลับกันถ้าแรงดันที่ขาลบมากกว่าขาบวกจะทำให้ขา เอ้าพุท มีแรงดันไฟลบ 0 โวลต์ ภายในไอซีหนึ่งตัวจะมี ออฟ แอมฟ์ 4 ตัว

ตัวต้านทานแปรค่าได้ (Variable Resistor : R11-R15) ตัวต้านทานไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ ทำหน้าที่ปรับค่าแรงดันที่ขา ลบ ของ ออฟ แอมฟ์ (Op-Amp)

ไอซี (PIC16C76 : U3-U7) คือ ไอซี ประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของวงจร เปรียบเสมือนเป็นหัวสมองที่จะทำการคิดคำนวณ และสั่งการทำงานต่างๆในวงจรให้เป็นไปตามคำสั่ง (Program) ที่เขียนไว้

คลิสตอล (X-tal : X1-X5) คือตัวผลิตความถี่เพื่อป้อนสัญญาณความถี่ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรเลอร์ จะทำงานช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับความถี่ที่ป้อนให้มัน ในวงจรนี้เราใช้ค่า คลิสตอลที่ 4MHz ซึ่งก็คือมันจะผลิตความถี่ สี่ล้านลูกคลื่นใน 1 วินาที (4MHz=4*(1*10e6)Hz)

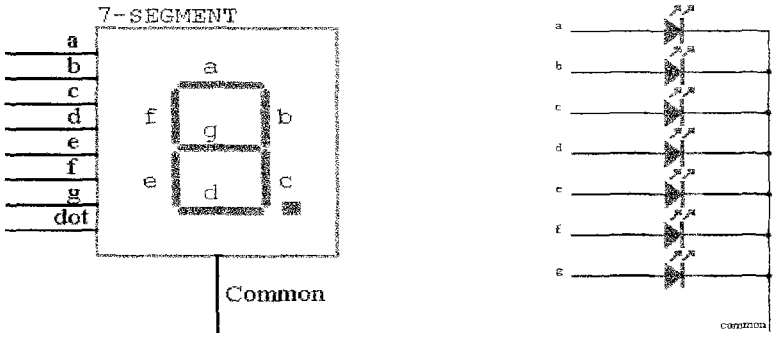
คาปาซิเตอร์ (Capacitor : C1-C10) คือตัวเก็บประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad) ในวงจรนี้ C1 – C10 จะทำหน้าที่ช่วย คลิสตอล ในการผลิตความถี่ให้มีเสถียรภาพ

คาปาซิเตอร์ (Capacitor : C11-C15) คือตัวเก็บประจุไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่กรองและป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเข้ามาทางระบบไฟฟ้า

รีซีสเตอร์ (Resistor : R21) คือตัวต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โอมห์ (Ohm) R21 มีค่า 4.7 Kohm หรือ 4,700 โอมห์ (4.7*(1*10e3)) ในวงจรนี้ R21 ซึ่งต่ออยู่กับไฟบวก ทำหน้าที่กำหนดสถานะของขา MCLR (ขา1) ให้อยู่ในสภาวะ Logic "High" (เปรียบเสมือนถูกต่ออยู่กับแรงดันไฟบวก, VCC) แต่ถ้ามีการกด S1 (Reset) จะทำให้ขา MCLR (ขา1) อยู่ในสภาวะ Logic "Low" (เปรียบเสมือนถูกต่ออยู่กับแรงดันไฟลบ) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ การทำงานแบบดิจิตอล (Digital) จะใช้สัญญาณ Logic " High" และ Logic " Low" ในการติดต่อกันเท่านั้น ซึ่ง Logic " High" คือ แรงดันไฟบวก และ Logic "Low" คือ แรงดันไฟลบ (Ground)

รีซีสเตอร์ (Resistor : R22-R61) ทำหน้าที่กำหนดกระแสให้ไหลผ่านอุปกรณ์แสดงผลอย่างเหมาะสม

แอล อี ดี (Light Emitting Diode แบบ Seven Segment : DS1-DS40) เป็น ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจะเปล่งแสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้เมื่อต่อแรงดันไฟถูกต้องจะประกอบด้วย แอลอีดี (LED) จำนวน 7 ตัว มาเรียงกันให้เป็นรูปเลข 8 เพื่อให้มันแสดงตัวเลขตั้งแต่ 0-9 เราจึงเรียกมันว่า 7-Segment



ภาพประกอบ 5 การแสดง 7-Segment และวงจรเสมือนของ 7-segment

จากภาพประกอบ 5 ถ้าเราต้องการให้ 7-Segment แสดงตัวเลข 1 เราก็จะป้อนแรงดันไฟให้กับ 7-Segment ขา b และ ขา c เพื่อให้LED ที่ b และ c ติดสว่าง ส่วนตัวอื่นๆ(a,d-g)ไม่จ่ายแรงดันไฟ ทำให้เรามองเห็นเป็นเลข 1 ติดสว่าง โดยที่ขา Common จะต้องต่อไปที่แรงดันไฟลบ (GND) เพื่อให้ 7-Segment ทำงาน แต่ถ้าเราไม่ต่อขานี้ที่แรงดันไฟลบ จะทำให้ LED ทั้ง 7 ตำแหน่งไม่ทำงาน ถึงแม้ว่าจะป้อนแรงดันไฟเข้าที่ขา a-g ก็ตาม

จากวงจรของเครื่องจับเวลาและความเร็ววัตถุในแต่ละชุดจะใช้ 7-Segment จำนวน 8 ตัว เพื่อแสดงตัวเลข 00:00 และ 0000 โดยต่อขนานกันทั้ง 8 ตัว (ขา a ของแต่ละ 7-Segment ต่อถึงกัน รวมถึงขา b-g ของแต่ละ 7-Segment จะต่อถึงกันทั้ง 8 ตัวด้วย ยกเว้นขา Common ของแต่ละตัวจะแยกไว้เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดว่า 7-Segment ตัวใดจะทำงานเมื่อมีการป้อนข้อมูลมาที่ขา a-g) การต่อแบบนี้เราเรียกว่า การต่อแบบ Multiplex ซึ่งข้อดีของการต่อแบบนี้คือ ใช้อุปกรณ์น้อย และ ประหยัดไฟ แต่มีความยุ่งยากในการออกแบบระบบ

2.5 หลักการทำงานของการต่อ 7-Segment แบบ Multiplex

ถ้าต้องการให้แสดงตัวเลข 12:34 ที่ 7-Segment ของ 4 ตัวแรก ขั้นตอนแรกจะส่งข้อมูลตัวเลข 1 ไปที่ขา a-g ก่อน เนื่องจากขา a-g ของแต่ละ 7-Segment ถูกต่อถึงกันหมด ดังนั้นข้อมูลเลข 1 จะถูกส่งเข้าสู่ 7-Segment ทุกตัว แต่การที่จะกำหนดให้เลข 1 แสดงที่หลักใด โดยการต่อขา Common ของหลักนั้นๆลง Ground ในขณะที่ขา Common ของหลักอื่นไม่ต่อลง Ground ดังนั้นเพื่อให้หลักที่ 1 แสดงผลเราจะต่อขา Common ของหลักที่ 1 ลง Ground จะทำให้หลักที่ 1 แสดงตัวเลข 1 หลังจากนั้น ยกเลิกการต่อขา Common ของหลักที่ 1 แล้วส่งข้อมูลเลข 2 ไปที่ขา a-g และต่อขา Common ของหลักที่ 2 ลง Ground จะทำให้หลักที่ 2 แสดงตัวเลข 2 (หลักที่ 1 และ 3,4ไม่มีการแสดง) ในหลักที่ 3 และ 4 ก็ทำเช่นเดียวกัน เมื่อแสดงครบ 4 หลัก จะเป็นการครบ 1 รอบ ถ้าเรามาพิจารณาการแสดงผลใน 1 รอบนี้ จะเห็นตัวเลขถูกแสดงที่ละหลักจากหลักแรก (แสดงเลข 1)เรียงกันมาจนถึงหลักสุดท้าย (แสดงเลข 4) แต่ถ้าเราเพิ่มความเร็วในการแสดงผลของแต่ละหลักให้เร็วขึ้น และแสดงหลายๆรอบวนกันไป จนความเร็วถึงจุดๆหนึ่งที่สายตามนุษย์ไม่สามารถจับได้ทัน

(ประมาณ 40 รอบต่อวินาที) จะทำให้เราเห็นเป็นตัวเลข 12:34 เหมือนกับว่ามีการแสดงพร้อมกันทั้ง 4 หลัก แต่ความจริงแล้วแสดงที่ละหลัก

ทรานสฟอร์เมอร์ (Transformer : TF1) หม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้า จากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50Hz ลงมาที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 6V 50Hz

ไดโอด เรคติไฟเออร์ (Diode Rectifier : D11 แบบ Bridge) คือ ไดโอด ที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันกระแสสลับเป็นกระแสตรง โดยทำงานร่วมกับ คาปาซิเตอร์ C11 เพื่อกรองแรงดันให้คงที่ขึ้น

คาปาซิเตอร์ (Capacitor : C16) ทำหน้าที่กรองแรงดันให้คงที่ขึ้น

ไอซี เรคกูเลเตอร์ (IC Regulator : U8) ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟตรงให้อยู่ในแรงดันที่ต้องการ และ รักษาระดับแรงไฟให้คงที่ แรงดันที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับเบอร์ของอุปกรณ์ ในวงจรใช้เบอร์ 78L05 จะลดระดับแรงดันลงมาเป็น 5 โวลต์ โดยที่แรงดันอินพุทที่มันสามารถลดระดับแรงดันลงมาได้มีค่าตั้งแต่ 5.5 โวลต์ ถึงประมาณ 25 โวลต์ โดยมี C17 ช่วยทำให้ IC Regulator ทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพมากขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสร้างชุดเครื่องจับเวลาความเร็วของวัตถุ โดยใช้หลักการทางอิเล็กทอนิกส์ดิจิตอล โดยเริ่มจากการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ปฏิบัติตามคำสั่ง (Program) ที่เราเขียนไว้ซึ่งหลังจากที่เขียนโปรแกรม เสร็จแล้วจะนำ โปรแกรมนี้เข้าไปอัดในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยเครื่องมือพิเศษ (ไมโครคอนโทรลเลอร์ไรท์เตอร์) เพื่อให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ ซึ่งในการสร้างนี้ เราเลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16C76 ของบริษัท Microchip ซึ่งเป็นเบอร์ที่มีความสามารถสูง มีคำสั่งที่ใช้เขียน โปรแกรมน้อยมากเพียง 35 คำสั่ง ราคาถูก และรวมไปถึงอุปกรณ์พัฒนาระบบที่มีราคาถูกซึ่งหลักการทำงานของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุใช้หลักการของการใช้ลำแสงอิฟราเรด เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของวัตถุว่าเข้าถึงจุดเริ่มจับเวลาเมื่อใดและถึงจุดหยุดจับเวลาเมื่อใด โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถส่องแสงอินฟราเรดได้ ชนิดเดียวกับที่อยู่ใน รีโมทคอนโทรลของ โทรทัศน์

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน

สื่อการสอน (Instructional Media) เป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอน เป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอน และผู้เรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การเรียนการสอนได้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งในด้านเนื้อหา ประสบการณ์ แนวคิด ทักษะ และเจตคติ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายเกี่ยวกับสื่อการสอนไว้ดังนี้

3.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายสื่อการสอนออกเป็นหลายความหมาย ตามแนวคิดของ วาสนา ชาวหา (2533 : 8) สุโชติ ดาวสุโข สาโรจน์ แพ่งยัง (2535: 11) กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 231) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอน สรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนหมายถึง ตัวกลางถ่ายทอดความรู้จากผู้สอน หรือแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

สำหรับสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นักการศึกษาได้ให้ความหมายดังนี้

นิคม ทาแดง (2526 : 81 –84) อ้างใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 227 –228) ได้ให้ความหมายของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ทั้งทางด้านกายภาพ และจินตภาพที่ก่อ

ให้เกิดสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สิ่งต่าง ๆ นั้นได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรของจริง และสัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดจากกิจกรรมของผู้สอนและผู้เรียน

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541 : 103) ได้ให้ความหมาย สื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวกลางที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านที่เป็นตัวความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการนำวัสดุอุปกรณ์ หรือวิธีการ มาเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ทั้งทางด้านเนื้อหา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดการเรียนการสอนได้บรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้

3.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการสอนสามารถจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายประเภทดังตัวอย่างการแบ่งประเภทสื่อการสอนของนักวิชาการดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526 : 141) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะรูปร่างของสื่อออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สื่อประเภทเครื่องมือ เป็นสื่อที่ได้มาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แขนงวิศวกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องฉายต่าง ๆ เครื่องเสียง โทรทัศน์ เป็นต้น

2. สื่อประเภทวัสดุ หมายถึง สื่อที่เป็นผลผลิตมาจากวิทยาศาสตร์เป็นวัสดุที่มีการผุพังสิ้นเปลืองได้ง่าย เช่น แผนที่ แผนภูมิ ฟิล์ม แผ่นโปร่งใส เป็นต้น

3. สื่อประเภทวิชาการ หมายถึง สื่อประเภทเทคนิค ระบบ กระบวนการต่าง ๆ เช่น การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ การทดลอง นิทรรศการ เป็นต้น

4. สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือ วัสดุและวิธีการนำมาใช้ร่วมกันอย่างมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียนโปรแกรม ชุดการเรียนการสอน บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ ชุดอุปกรณ์ ชุดสื่อประสม

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 232 – 235) แบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนที่ให้ความสะดวกในการพิจารณาเลือกและใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ

1. การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะประสบการณ์ของผู้เรียน

เดล (Edgar Dale) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัย โอไฮโอ (The Ohio State University) ได้แบ่งสื่อการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะได้รับจากการใช้สื่อจากประสบการณ์ตรงหรือ รูปธรรม (Concrete) ไปสู่ประสบการณ์นามธรรม (Abstract) สามารถแบ่งออกเป็น 11 ประเภท แต่ภายหลังได้ปรับปรุงโดยรวม ภาพยนต์กับโทรทัศน์เป็นประเภทเดียวกันจึงเหลือเป็น 10 ประเภท เรียกว่า กรวยประสบการณ์ (The cone of experience) ตามลำดับจากรูปธรรมไปหานามธรรม

2. การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะสื่อในกระแสความคิดของผู้เรียน

การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะสื่อ ในกระแสความคิดของผู้เรียนนี้แบ่งตามทฤษฎีโครงสร้างความคิดของบรูเนอร์ (Bruner) ศาสตราจารย์ทางจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ซึ่งอธิบายว่า คนเราจะเกิดความรู้ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมได้โดยที่สิ่งแวดล้อมที่เป็นวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์เร้าให้เกิดสื่อ หรือสิ่งแทนในกระแสความคิดด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้าน ซึ่ง

ได้แก่ ด้านประสบการณ์ตรง (Enative) ด้านประสบการณ์ภาพ (Iconic) และด้านประสบการณ์สัญลักษณ์ (Symbolic) ดังนั้นสื่อในที่นี้จึงหมายถึง สื่อที่เป็นวัตถุหรือสถานการณ์กับสื่อที่เป็นลักษณะของความคิด

2.1 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์ตรง ทำให้เกิดการกระทำ การเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจขึ้น ได้แก่ สื่อของจริง สถานการณ์จำลอง นาฏการ การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ นิทรรศการ

2.2 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์ภาพ เป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสังเกตโดยทางอ้อมจากภาพได้แก่ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ ภาพนิ่ง วิทยุ การบันทึกเสียง

2.3 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์สัญลักษณ์ เป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนเรียนรู้จากสัญลักษณ์ ได้แก่ สื่อทัศนสัญลักษณ์ และสื่อภาษา

3. การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะโครงสร้างของสื่อ การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะโครงสร้างของสื่อ เป็นการแบ่งประเภทตามเนื้อวัตถุและลักษณะขององค์ประกอบของสื่อนั้น ปัจจุบันนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือประเภทวัสดุประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ และสื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการ

3.1 สื่อประเภทวัสดุ (Software or Material) จัดเป็นสื่อเล็กเป็นสื่อการสอนประเภทสิ้นเปลือง เสียหายได้ง่าย และเป็นสื่อที่บรรจุเนื้อหาสาระเรื่องราวหรือความรู้ไว้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น หนังสือบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ ฟิล์มภาพยนต์บรรจุเรื่องราวไว้ในรูปของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับเสียง เป็นต้น สื่อการสอนประเภทวัสดุยังสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ วัสดุที่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์จึงสามารถเสนอเรื่องราวความรู้ได้ เช่น ฟิล์ม เทปเสียง แผ่นเสียง เป็นต้น กับวัสดุที่สามารถเสนอเรื่องราว ความรู้ เนื้อหาสาระไปสู่ผู้เรียนด้วยตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์แต่อย่างใด เช่น หนังสือ แผนภูมิ รูปภาพ หุ่นจำลอง แผนที่ สารเคมีต่างๆ ตัวอย่างวัสดุสิ่งของเป็นต้น

3.2 สื่อประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Hardware or Equipment) จัดเป็นสื่อใหญ่ เป็นสื่อการสอนที่เป็นตัวกลางซึ่งเป็นทางผ่านของความรู้หรือเรื่องราวเท่านั้นโดยตัวเองแล้วไม่ได้บรรจุเนื้อหาสาระความรู้ใด ๆ จึงไม่สามารถจะสื่อความหมายไปยังผู้เรียนได้ แต่ต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุใส่ใช้ควบคู่กัน เช่น เครื่องฉายภาพยนต์ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องเล่นวีดีโอ เทป โทรทัศน์ เครื่องมือสำหรับการทดลอง เป็นต้น

3.3 สื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการ (Technique and Method) สื่อการสอนประเภทนี้ไม่จัดอยู่ในประเภทวัสดุหรือเครื่องมือ แต่อาศัยสื่อประเภทวัสดุหรือเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างมาใช้ร่วมกันในลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการ เช่น การสาธิต การทดลอง เกมการแสดงบทบาทสมมติ การจำลองสถานการณ์ การฝึกปฏิบัติ ทัศนศึกษา การทำกิจกรรม เป็นต้น

3.3 สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์

มนตรี แย้มกสิกร (2526 : 6) ได้ให้ความหมายของสื่อประเภทอุปกรณ์ (Hard Ware) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวผ่านที่ทำให้ข้อมูลหรือความรู้ที่อยู่ภายในวัสดุสามารถนำออกมาใช้ หรือเรียนรู้ได้ซึ่งได้แก่ เครื่องมือทั้งหลายอาทิ เครื่องฉายภาพยนต์ เครื่องฉายภาพข้ามศรีษะ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องส่งวิทยุ ไมโครโฟน เครื่องขยายเสียง ลำโพง ฯลฯ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (2534 :102)ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ หมายถึง สิ่งที่ช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เครื่องจักรและสิ่งของที่มีความคงทนถาวรเป็นสิ่งช่วยสอนที่

เรียกว่า ฮารด์แวร์ (Hard Ware) ซึ่งส่วนมากจะเป็นสิ่งที่ต้องใช้กับวัสดุการสอนต่าง ๆ สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ที่เป็นพื้นฐานส่วนมากจึงไม่เฉพาะเจาะจงว่าเป็นสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถใช้กับสื่อที่เป็นวัสดุของทุกวิชา นอกจากอุปกรณ์บางอย่างที่ในตัวของมันเองเป็นสิ่งแทนเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์อยู่ด้วย สื่อการสอนวิทยาศาสตร์ประเภทอุปกรณ์ หมายถึงเครื่องมือและเครื่องจักรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ภาชนะสำหรับการทดลอง เครื่องมือสำหรับการทดลอง แผ่นป้าย อุปกรณ์เครื่องฉาย เครื่องบันทึกภาพ เครื่องเสียง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 260-261) ได้ให้ความหมายของชุดอุปกรณ์ว่า เป็นสื่อประสมชนิดหนึ่งที่จัดเตรียมวัสดุชิ้นส่วนอุปกรณ์ และคู่มือไว้เป็นชุด ๆ เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องหรือหลายเรื่องชุดอุปกรณ์มี 3 แบบ คือชุดชิ้นส่วนประกอบเอง(Assembly Kit)ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้ (Changeable Kit) และ ชุดทดลอง (Experimental Kit)

ชุดชิ้นส่วนประกอบเอง (Assembly Kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้เป็นชุด มีคู่มืออธิบายวิธีประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเป็นชุดอุปกรณ์ที่มีวัตถุประสงค์เดียว คือ ประกอบเสร็จแล้วก็เป็นอุปกรณ์นำไปใช้ได้เลย เช่น ชุดเครื่องเสียง ชุดเครื่องไฟฟ้า การใช้ชุดชิ้นส่วนประกอบเองเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ อาจใช้ได้ในการกระตุ้นความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน และเป็นภาคปฏิบัติเพื่อสรุปและสร้างความมั่นใจแก่ผู้เรียนในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนมา

ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้ (Changeable Kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้เป็นชุดมีลักษณะคล้ายชุดชิ้นส่วนประกอบเองมาก แต่ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้มักจะมีโครงสร้างหลักไว้แล้วมีชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก ผู้เรียนสามารถประกอบชิ้นส่วนลงบนโครงสร้างหลักตามต้องการได้ เช่น จะต่อตัวต้านทานหรือคอนเดนเซอร์หรือหลอดไฟ ให้เป็นวงจรต่าง ๆ อาจเป็นวงจรแปลงไฟวงจรขยายเสียงเป็นต้น

ชุดทดลอง (Experimental Kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้เป็นชุดเพื่อการทดลองหรือใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งเฉพาะเรื่อง ชุดทดลองใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล และชุดทดลองเหมาะสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในกรณีที่มีจำนวนผู้เรียนมาก ชุดทดลองอาจจัดเตรียมไว้เป็นสื่อการเรียนการสอนตามความเหมาะสมมี 3 ลักษณะ คือ 1) ชุดที่มีเฉพาะคู่มือและภาพประกอบ 2) ชุดที่มีคู่มือและวัสดุอุปกรณ์พร้อม เป็นชุดทดลองที่จัดเตรียมไว้เป็นชุด ๆ 3) ชุดทดลองสำเร็จเป็นชุดทดลองที่ผู้สอนจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และทำการทดลอง ตามเงื่อนไขต่างๆ ไว้ให้เรียบร้อย ให้ผู้เรียนใช้เป็นแหล่งสังเกตรวบรวมข้อมูลตามคู่มือหรือแบบฟอร์มที่กำหนดให้ เพื่อผู้เรียนจะได้นำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ชุดทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือชั้นอื่น ๆ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับชุดทดลองนี้ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความชัดเจนและข้อจำกัดเชิงระบบของอุปกรณ์การทดลอง และการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอน และเป็นการสร้างให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น

3.4 ประโยชน์ของสื่อการสอน

กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 88) ได้กล่าวถึงประโยชน์สื่อการสอนในด้านผู้เรียนและผู้สอน ดังนี้

ด้านผู้เรียน

1. เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2. สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน

3. การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

4. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษย-สัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยตัวเองและกับผู้สอน

5. ช่วยเสริมสร้างลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

6. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

ด้านผู้สอน

1. การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอน มากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความมั่นใจในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2. สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

3. เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

คินเดอร์ (Kinder . 1959 : 13 – 18) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างถูกต้อง

2. ช่วยให้ผู้เรียนจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและจำได้นาน

3. เร้าให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ยั่วยุให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง

4. คุณลักษณะที่เป็นรูปธรรม และความเป็นจริงของสื่อการสอนใดก็ตามจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งนั้นอย่างกว้างขวาง และเป็นแนวทางให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งอื่น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

5. สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดของครูและนักเรียน

6. สามารถช่วยให้นักเรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วมากขึ้น ส่วนนักเรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น

7. สื่อการสอนช่วยส่งเสริมความคิดและการแก้ปัญหา

8. ถ้าใช้สื่อการสอนอย่างสม่ำเสมอแล้ว จะสามารถเปลี่ยนความคิด และเจตคติหรือช่วยให้มีเจตคติที่มั่นคงได้

3.5 บทบาทของสื่อการสอนต่อการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (2534 : 87) กล่าวถึงสื่อการสอนมีบทบาทต่อการเรียนการสอนของนักเรียนมัธยมศึกษาดังต่อไปนี้

1. สื่อการสอนเป็นตัวกระตุ้นความสนใจของนักเรียนต่อเรื่องที่จะเรียนเมื่อนักเรียนเกิดความ

สนใจก็จะเกิดความพยายามเรียนรู้เรื่องนั้นขึ้นมาเอง โดยครูไม่ต้องเสียเวลาพูดหรืออธิบายมากมายนัก

2. สื่อการสอนเป็นเครื่องมือที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ โดยที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดด้วยการลงมือทำ หากไม่มีสื่อการสอนให้เป็นเครื่องมือนักเรียนก็ไม่ทราบว่าจะทำอะไรเพราะการบอกให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมนั้นเพียงแต่การบอกให้ทำ โดยไม่มีเครื่องมือช่วยย่อมเป็นไปได้

3. สื่อการสอนช่วยให้ประสบการณ์รูปธรรมแก่นักเรียน เพราะสื่อการสอนขยายแนวคิดในเรื่องที่เรียนด้วยการให้นักเรียนได้เห็นภาพได้ยินเสียงหรือทั้งสองอย่างเห็นการเคลื่อนไหวมีโอกาสเห็นจริงหรืออย่างน้อยก็ของจำลองและบางครั้งก็ได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่เรียน

4. ในการเรียนแนวคิดบางอย่าง นักเรียนจะเรียนได้ดีจากการเห็นตัวอย่างหรือตัวแบบ สื่อการสอนจึงมีบทบาทเป็นตัวแบบที่ดีสำหรับการเรียนของนักเรียน และสามารถทำให้นักเรียนเรียนได้รวดเร็วขึ้น หากไม่มีสื่อการสอนเป็นตัวแบบบางทีครูเสียเวลาอธิบายทั้งวัน นักเรียนก็มองไม่เห็นภาพหรือปฏิบัติไม่ได้ เช่น ในการเรียนกระบวนการตามขั้นตอนต่างๆ เป็นต้น

5. สื่อการสอนในรูปของกิจกรรมหรือวิธีการต่างๆ จะทำให้เกิดบรรยากาศของความเป็นกันเองโดยครูมีเวลาสังเกตและใกล้ชิดกับนักเรียนที่ต้องการครูมากขึ้นเพราะครูไม่จำเป็นต้องสอนด้วยการพูดตลอดเวลา ครูจึงไม่เหน็ดเหนื่อย แต่กลับรู้สึกสนุกสนานไปกับการเรียนของนักเรียน ครูก็จะมีความยิ้มแย้มสร้างบรรยากาศของความอบอุ่นใจมากยิ่งขึ้น

6. สื่อการสอนช่วยสร้างสภาพการณ์ที่เปิดกว้างต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการจัดสื่อในรูปของชุดการสอนที่มีการเตรียมการไว้ล่วงหน้า ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ได้ซักถาม คิดค้นสิ่งใหม่ได้เต็มที่โดยที่ครูไม่ต้องเกรงว่าจะสอนนักเรียนหรือตอบคำถามนักเรียนไม่ได้ เพราะสื่อการสอนบรรจุเนื้อหาหรือคำตอบปัญหาต่างๆ ไว้แล้ว ดังนั้นการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาจึงมีบรรยากาศของความเปิดใจมากยิ่งขึ้น

จากประโยชน์ของสื่อการสอนและบทบาทของสื่อการสอนดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า สื่อการสอนสามารถทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่ยุ่งยากซับซ้อนทำให้เกิดความคิดรวบยอดทางนามธรรม ช่วยสร้างความสนใจในการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เป็นผลทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะสื่อการสอนในระดับมัธยมศึกษา ควรเป็นสื่อที่นักเรียนสามารถทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถให้นักเรียนได้เรียนรู้เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น

3.3 หลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์

โช สาลีฉัน (2541 : 24) ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์ที่ต้องคำนึงและปฏิบัติด้วยกัน 5 ขั้น คือ

1. ศึกษาหลักการทำงาน (Function) ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นเสียก่อนว่าจะให้เครื่องมือนั้นทำงานอย่างไร ต้องศึกษาหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนของสิ่งที่จะสร้างขึ้นนั้นให้เข้าใจเป็นอย่างดี เมื่อทราบแล้วจึงดำเนินการขั้นที่ 2

2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับออกแบบสร้าง เราจะต้องเลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้น เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้หาวัสดุสร้างได้ง่าย ถ้าใช้วัสดุชนิดที่เลือกแล้วควรจะทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือทำงานได้ดี สะดวกแก่การใช้และปฏิบติเก็บรักษาได้ง่ายและมีความคงทนถาวรสามารถทำได้ เมื่อเลือกวัสดุแล้วจึงดำเนินขั้นที่ 3

3. ดำเนินการออกแบบและสร้างเมื่อเลือกวัสดุได้แล้ว ก็ต้องนำมาพิจารณาออกแบบเพื่อที่จะให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือทำงานได้ตามที่ต้องการ ผู้ออกแบบจะต้องรำลึกถึงชิ้นส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์หรือ

เครื่องมือที่จะสร้าง ตลอดจนหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนเหล่านั้นของขั้นที่ 1 แล้วพิจารณาไตร่ตรองอย่างละเอียดรอบคอบ การที่จะตัดตรงไหนจะต่อตรงไหน จะต่ออย่างไร จะเจาะแค่ไหน ที่ตำแหน่งไหน ฯลฯ และจะทำอย่างไรอีกต่อไป จะต้องคำนึงอย่างละเอียดรอบคอบ เช่นกัน มิฉะนั้นจะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ เมื่อคิดได้ลักษณะที่ค่อนข้างแน่นอนแล้ว จึงเขียนรูปอย่างคร่าว ๆ ไว้ แล้วนำมาพิจารณาดูใหม่หลาย ๆ ครั้งว่าควรจะดัดแปลงแก้ไขปรับปรุงอะไรอีกบ้างถ้ามั่นใจว่าว่าได้แบบที่แน่นอนแล้วจึงเขียนรูปแบบสัดส่วนและรายละเอียดต่างๆ เอาไว้ จากนี้ก็เริ่มดำเนินการสร้างตามแบบที่เขียนรูปแบบไว้ให้สำเร็จเรียบร้อย จึงจะเริ่มดำเนินการในขั้นที่ 4 ต่อไป

4. ทำการทดลองตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว โดยนำมาทำการทดลองตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่าทุกชิ้นส่วนทำงานได้ดีและครบถ้วนหรือไม่ บันทึกข้อมูลของการทดลองไว้ ทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่บันทึกไว้ของแต่ละครั้งให้ได้ผลตรงกัน ใกล้เคียงกันหรือต่างกันมากน้อยเพียงใดผลที่ได้พอเชื่อถือได้มากน้อยแค่ไหน ถ้าได้ผลตรงกันทุกครั้งตามที่ต้องการแสดงว่าการออกแบบนั้นดี ถ้าได้ผลใกล้เคียงกันมากแสดงว่าการออกแบบนั้นดีพอใช้ ถ้าได้ผลต่างกันมาก แสดงว่าการออกแบบนั้นดีแล้ว ก็หยุดเพียงแค่สิ้นสุดขั้นที่ 4 นี้

5. ทำการปรับปรุงแก้ไขเมื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างนั้นถูกนำไปทำการทดลองให้ผลออกมามีความคลาดเคลื่อนมาก ต้องนำเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขใหม่ หาสาเหตุว่าอะไรบ้างที่อาจจะทำให้ผลการทดลองนั้นมีความคลาดเคลื่อน แล้วลองแก้ไขจุดของสาเหตุนั้นเสียใหม่ เมื่อแก้ไขแต่ละจุดของสาเหตุแล้วต้องนำไปทดลองตรวจสอบตามขั้นที่ 4 ใหม่อีกจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พึงพอใจ

3.7 ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี

สุพจน์ ศุภกุล (2537 : 440 – 441) กล่าวถึง ลักษณะของอุปกรณ์ที่ดีไว้ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจูงใจ เครื่องมือที่มีรูปร่าง สีสรรจูงใจ จะมีผลต่อการเรียนการสอนมาก ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างทุกชิ้นต้องทำงานได้ตามต้องการไม่ใช่เมื่อนำไปทดลองแล้วเครื่องมือไม่ทำงาน ทำให้เสียเวลาเด็กจะรู้สึกเบื่อ ความสนใจในการเรียนจะลดลง

2. สะดวกในการใช้การปฏิบัติ เครื่องมือมีความคล่องตัวในการใช้ไม่เกะกะไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ความปลอดภัยและสะดวกในการใช้

3. มีความคงทนถาวร อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรมีความคงทนถาวรมีอายุการใช้งานได้นาน

4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก เพราะเมื่อออกแบบเสร็จแล้วเราสามารถสร้างได้ทันที วัสดุที่หาง่ายคือวัสดุที่มีในท้องถิ่นและวัสดุเหลือใช้ สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาใช้สร้างอุปกรณ์ได้มากแล้วแต่เราจำนำมาดัดแปลงให้เป็นเครื่องมือชนิดใด

5. ควรใช้งานได้หลายอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้างทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่เปลืองที่เก็บรักษา

6. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีรูปแบบกระทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้ารูปร่างใหญ่เกินไปทำให้เปลืองเนื้อที่ ทางที่ดีอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรทำชิ้นส่วนเป็นชุด ๆ และสามารถถอดเก็บได้สะดวกแต่ไม่ควรมีจำนวนชิ้นมากเกินไป เพราะอาจหายได้

โช สาลีฉัน (2541:29-30) กล่าวว่าอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจูงใจ

2. ต้องทำงานได้ตามต้องการเครื่องมือที่สร้างขึ้นทุกชิ้นต้องให้ทำงานได้ตามต้องการ

3. สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัย

4. มีความคงทนถาวร

5. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย วัสดุที่มีในท้องถิ่น หรือ วัสดุเหลือใช้

6. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก การใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัดเงินโรงเรียนและยังสามารถสร้างได้จำนวนมากด้วย

7. ควรใช้งานได้หลายอย่าง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรใช้งานได้หลายอย่างเพื่อได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การสร้าง

8. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรออกแบบให้มีรูปร่างกระทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา

9. มีเสถียรภาพดี ถ้าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ออกแบบมีเสถียรภาพไม่ดีจะทำให้ล้มง่าย เครื่องมืออาจชำรุดง่าย ทำให้ไม่คงทนถาวร ควรออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐานจึงมีเสถียรภาพดีไม่ล้มง่าย

10. เวลาสาธิตและปฏิบัติการทดลองมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน ขนาดรูปทรงไม่เล็กเกินไป ชิ้นส่วนประกอบไม่บังกัน วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุโปร่งแสง เช่น แก้ว พลาสติก หรือพีวีซี

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนการสอน พบว่าสื่อการเรียนการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ทั้งทางด้านเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงขึ้นโดยพิจารณาหลักเกณฑ์การสร้างอุปกรณ์ที่ดีเป็นสื่อประเภทอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดลองที่ให้ประสบการณ์ตรง นักเรียนสามารถฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์กับการสังเกตเห็นความจริง จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์

3.8 หลักการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

ในการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ประภาภรณ์ มูลแดง (ม.ป.ป.: 189-192) แนะนำไว้ว่า มีขั้นตอนหลักอยู่ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวางวัตถุประสงค์ ครูผู้สอนจะต้องวางเป้าหมายของการสอนไว้ว่า ต้องการให้ผู้เรียนได้บรรลุเนื้อหาอะไรบ้าง ลึกซึ้งแค่ไหน ตอนไหนของเนื้อหาที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ เพื่อวัตถุประสงค์อะไร เช่น

1.1 เพื่อให้เกิดความรู้

1.2 เพื่อให้เกิดความจำ

1.3 เพื่อให้เกิดความเข้าใจ

1.4 เพื่อพิสูจน์ทฤษฎี

1.5 เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด

2. ขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ เมื่อได้วางวัตถุประสงค์ว่าใช้อุปกรณ์เพื่ออะไรแล้ว ก็ถึงขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ที่ใช้ โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.1 ควรเลือกอุปกรณ์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้ ไม่ควรซับซ้อนจนนักเรียนสรุปไม่ได้ว่า วัตถุประสงค์ของการใช้อุปกรณ์นี้เพื่ออะไร

2.2 ควรเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับวัย พื้นความรู้ และความสนใจของนักเรียน

2.3 ควรเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รู้ผลเร็ว เหมาะสมกับเวลา

2.4 ควรเลือกอุปกรณ์ที่ใช้วัสดุง่าย ๆ ราคาถูก

2.5 ในกรณีที่ประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นใช้เอง ก็ควรผลิตให้มีขนาดเหมาะสมและใช้คล่อง

3. ขั้นเตรียมล่วงหน้าก่อนการใช้อุปกรณ์ เมื่อครูได้มีอุปกรณ์ที่จะใช้แล้ว ครูก็ควรที่จะมีการเตรียมล่วงหน้า 3 ด้าน คือ

3.1 เตรียมตัวครูเอง โดย

1) ทำการบันทึกการสอนขั้นกิจกรรมอย่างละเอียด

2) ศึกษาเนื้อความรู้เพิ่มเติม

3) สำรวจและซ่อมแซมอุปกรณ์ให้ใช้ได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่

4) ทดลองใช้อุปกรณ์ล่วงหน้าว่าได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่

5) ศึกษาเทคนิคการใช้อุปกรณ์ที่จะให้ผลตรงตามเป้าหมาย

6) ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์หลายชิ้น ครูจำเป็นต้องเตรียมทุกอย่างให้พร้อมที่จะหยิบใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องหา

7) ศึกษาบทเรียนให้ดีว่าสิ่งใดไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน เช่น สารเคมีตัวใดที่มีปฏิกิริยาต่อแสงหรือสารละลายชนิดใดที่ตกตะกอนง่าย ก็ไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน

8) ศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ (ในกรณีทดลองวิทยาศาสตร์) และข้อผิดพลาดการทดลองมีอะไรบ้าง

9) ศึกษาข้อควรระวังและอันตรายจากการใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางชนิด เช่น กรดเข้มข้น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ฯลฯ

10) ศึกษาวิธีการใช้ และจับต้องอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง

3.2 เตรียมตัวนักเรียน

1) ให้นักเรียนอ่านการทดลองมาล่วงหน้าในกรณีที่การทดลองซับซ้อน

2) อุปกรณ์บางอย่างที่ต้องเตรียมมาจากบ้าน ก็ควรบอกนักเรียนล่วงหน้าให้เตรียมมาให้พร้อม

3) จัดให้นักเรียนนั่งให้เรียบร้อยตามที่ครูกำหนดให้

4) อธิบายให้นักเรียนทราบล่วงหน้าว่าจะมีกิจกรรมอะไร ควรสังเกตอะไร

5) ใช้เทคนิคการนำเข้าสู่บทเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

3.3 เตรียมสถานที่

1) ถ้าเป็นห้องเรียนให้จัดโต๊ะเก้าอี้ให้เรียบร้อยวางแผนให้ดี ว่าจะนั่งกันอย่างไร

2) จัดที่ตั้งอุปกรณ์ให้เพียงพอ และสะดวกในการหยิบใช้

3) เตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกให้พร้อม เช่น ปลั๊กไฟ สายไฟ น้ำ ฯลฯ

4) ให้เก็บสิ่งที่จะเบนความสนใจของเด็กออกไปจากห้อง

4. ขั้นใช้อุปกรณ์หรือขั้นแสดงจริง

1. ลำดับขั้นตอนการใช้อุปกรณ์ให้เพียงพอ และสะดวกในการหยิบใช้

2. ใช้อุปกรณ์ด้วยความมั่นใจและถูกต้อง เช่น ควรคนสารด้วยแท่งแก้วคน ไม่ใช้ช้อนตักสาร เทอร์โมมิเตอร์หรือสิ่งอื่นแทน

3. อุปกรณ์ชิ้นใดที่ไม่ใช้ไม่ควรนำมาตั้งไว้เฉย ๆ

4. ขณะกำลังใช้การทดลองควรพูดเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ

5. สอดส่ายสายตาให้ทั่วห้อง ไม่ควรก้มหน้าใช้อุปกรณ์จนไม่สนใจนักเรียน

6. ใช้คำพูดอธิบายประกอบให้ชัดเจน
7. สิ่งใดสามารถติดตั้งหรือแขวนได้ ควรตั้งหรือแขวนให้เรียบร้อย ไม่ควรถือไว้
8. อุปกรณ์ที่หมดความจำเป็นแล้ว ควรเก็บทันที ไม่ควรตั้งทิ้งไว้
9. ใช้อุปกรณ์ให้คุ้มกับที่เตรียมมา
10. ใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด
11. ควรใช้ไม้ยาว ๆ ชี้ประกอบคำอธิบาย ไม่ควรใช้นิ้ว
12. ขณะใช้ให้พยายามสังเกตข้อบกพร่องของตนเอง
13. จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อยหลังจากใช้เสร็จ

5. ขั้นติดตามผลการใช้อุปกรณ์ อาจทำได้ดังนี้
1. หลังการใช้แล้วครูและนักเรียนมาอภิปรายร่วมกัน
2. ให้นักเรียนเขียนรายงานมาส่ง หรือรายงานด้วยปากเปล่า
3. จัดนิทรรศการ
4. ให้ทำแบบทดสอบ

จากเอกสารข้างต้น ได้ให้แนวทางแก่ผู้วิจัยในการสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยยึดหลักการใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับพื้นฐานการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นผลให้การทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์ในการเรียนรู้ และคาดว่าผลการทดลองจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้และ เจตคติที่ดีขึ้น

3.9 คุณค่าของสื่อการสอน

นิพนธ์ สุขปรีดี (2521 : 13 – 16) กล่าวไว้ว่า สื่อการสอน เป็นการถ่ายทอดความรู้และความคิดระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเครื่องช่วยให้บทเรียนง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนจะช่วยให้ครูสามารถถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทัศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าในเรื่องราวที่สอน ซึ่งจะเป็นรากฐานให้เกิดความเข้าใจและความจำอย่างถาวร นักเรียนต่างยอมรับและเห็นพ้องด้วยกันว่าสื่อการสอนเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การสอนได้ผลดีขึ้น ในด้านคุณค่าจากการใช้สื่อการสอน ดังนี้

1. คุณค่าทางด้านวิชาการ

1.1 เด็กที่ได้รับการสอนจากการใช้สื่อการสอนประกอบการสอน จะได้รับประสบการณ์ตรงและเรียนได้ดีมากกว่าเด็กที่ไม่มีสื่อการสอนประกอบการเรียนการสอน

1.2 ลักษณะที่เป็นรูปธรรมของสื่อการสอน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งต่าง ๆ ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น และยังช่วยส่งเสริมด้านความคิดและการแก้ปัญหาอีกด้วย

1.3 จากการวิจัยสรุปว่าสื่อการสอนให้ประสบการณ์ที่เป็นจริงแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างถูกต้อง ทั้งช่วยให้ผู้เรียนจดจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและจำได้นาน

1.4 สื่อการสอนโดยเฉพาะภาพยนต์ จะช่วยเร่งทักษะในการเรียนรู้

2. คุณค่าทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้

2.1 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและต้องการเรียนในสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การอ่าน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทัศนคติ การแก้ปัญหาและความซาบซึ้งในคุณค่า

2.2 ทำให้เด็กมีมโนภาพเริ่มแรกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ และก่อให้เกิดความคิดรวบยอดเป็นอย่างเดียวกัน ทั้งมีอิทธิพลต่อเจตคติของผู้เรียนด้วย

2.3 สื่อการสอนเร้าให้ผู้เรียนเกิดความพอใจ และยั่วยุให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง

3. คุณค่าทางด้านเศรษฐกิจการศึกษา

3.1 สื่อการสอน สามารถช่วยผู้เรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วมากขึ้น ส่วนผู้เรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นไปอีก

3.2 การสอนโดยอธิบายอย่างเดียวเป็นการสิ้นเปลืองเวลาที่สุด เพราะเด็กลืมง่ายถ้าใช้สื่อการสอนจะช่วยขจัดความสิ้นเปลืองนี้ และยังช่วยให้ครูที่สอนดีอยู่แล้วสอนดียิ่งขึ้น

3.3 สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดและเวลาของครู ที่สำคัญยิ่งกว่านั้น ยังช่วยประหยัดเวลาของนักเรียน ทำให้มีเวลาเหลือที่จะศึกษาบทเรียนอื่นต่อไป

3.4 สื่อการสอนช่วยขจัดปัญหาเรื่องสถานที่ เวลา และระยะทาง ได้ดังนี้

3.4.1 สามารถนำสิ่งที่เกิดในอดีตมาศึกษาได้ เช่น ภาพยนต์

3.4.2 สื่อการสอนช่วยนำสิ่งที่อยู่ไกลเกินไปมาศึกษาได้

3.4.3 ช่วยทำสิ่งที่เคลื่อนไหวให้เร็วได้ และทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลงได้ เช่น ภาพยนตร์ สามารถแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของพืชได้ในระยะเวลาสั้น ๆ ได้

เดล (Dale.1969:8) กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. สามารถส่งเสริมความเข้าใจอันดี และส่งเสริมความเห็นอกเห็นใจระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนในชั้นเรียนก็ได้

2. ทำให้ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมตามที่ประสงค์ได้

3. ทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่เรียน ตรงกับความต้องการเป็นผลทำให้เพิ่มแรงจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ยิ่งขึ้น

4. ให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้แปลก ๆ ใหม่ หลายด้านแก่ผู้เรียน

5. ทำให้การเรียนรู้มีความหมาย ทำให้ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาแตกต่างกันมาก ๆ เข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนมาเช่นเดียวกัน

6. เร้าใจให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ที่เรียนไปใช้อย่างมีความหมาย

7. ทำให้ผู้เรียนมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับ ซึ่งช่วยให้ทราบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพียงใด

8. ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สมบูรณ์ เกิดมโนภาพที่ถูกต้องและมีความหมาย

9. ช่วยขยายและเพิ่มพูนขอบเขตของประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ช่วยให้จดจำได้เร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยคำอธิบาย

10. ทำให้ผู้เรียนเกิดความกระจ่างแจ่มแจ้งเป็นระเบียบ

อิริคสัน (Erickson. 1971 : 109) ได้สรุปความสำคัญของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยจัดและเสริมประสบการณ์การเรียนของผู้เรียน

2. ช่วยครูสอนเนื้อหาวิชาที่มีความหมายต่อชีวิตของผู้เรียน

3. ช่วยครูแนะนำและกำกับผู้เรียนให้ปฏิสัมพันธ์ในทางที่พึงปรารถนาโดยใช้สื่อต่าง ๆ

4. ช่วยผู้เรียนให้สามารถประกอบกิจกรรมการเรียนที่แตกต่างกันออกไปตามเนื้อหาวิชา

5. ช่วยครูให้สามารถสอนได้รวดเร็วถูกต้องมากขึ้น

เคมป์ และเดย์ตัน (Kemp and Dayton. 1985 : 3 - 4) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนว่าสื่อการสอนช่วยให้เกิดผลการเรียนดังต่อไปนี้

1. การถ่ายทอดความรู้มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้น นั่นคือ ผู้เรียนได้รับข้อมูล ข่าวสาร โดยผ่านการรับรู้โดยการได้เห็นและได้ยินสิ่งที่เหมือนกัน การใช้สื่อการสอนจะช่วยลดความแตกต่างของการแปลความหมายโดยผู้เรียนที่รับข้อมูลที่เป็นนามธรรม

2. สื่อการสอนช่วยให้การเรียนการสอนน่าสนใจขึ้น สื่อการสอนสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ความชัดเจนของเนื้อหาที่เสนอผ่านสื่อ การใช้เทคนิคพิเศษ (Special Effect) ต่าง ๆ ความสวยงามของภาพและสี สิ่งเหล่านี้จะช่วยสร้างให้การเรียนการสอนน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3. สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากขึ้นในการออกแบบระบบการใช้สื่อการสอนที่ดีนั้น ผู้สอนสามารถใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีส่วนร่วม มีการตอบสนอง และได้รับการเสริมแรงได้เป็นอย่างดี

4. สื่อการสอนสามารถลดระยะเวลาในการเรียนการสอนได้ สื่อการสอนช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว เพราะผู้เรียนสามารถเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างรวดเร็วโดยการเรียนจากสื่อ ดังนั้นผู้สอนและผู้เรียนจึงมีเวลาในการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

5. สื่อการสอนช่วยพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ให้ดีขึ้น ถ้าสื่อการสอนได้รับการออกแบบโดยการผสมผสานระหว่างภาพและคำเป็นอย่างดี การใช้สื่อการสอนอย่างเป็นระบบที่ดี จะเป็นการคาดหวังได้ว่าการเรียนรู้นั้นสามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่ดีขึ้น

6. สื่อการสอนช่วยให้การเรียนการสอนไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา และสถานที่การออกแบบสื่อการสอนในปัจจุบันมีลักษณะของการศึกษารายบุคคลมากขึ้น ดังนั้นผู้เรียนสามารถศึกษาได้ตามเวลาและสถานที่ที่สะดวก

7. สื่อการสอนช่วยสร้างเจตคติที่ดีแก่ผู้เรียนต่อบทเรียนและกระบวนการเรียนรู้โดยผ่านสื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนอย่างสนุกสนาน พึงพอใจ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อการเรียน

8. สื่อการสอนช่วยให้บทบาทของผู้สอนเปลี่ยนไปในทิศทางที่ดีขึ้น การใช้สื่อการสอนนอกจากจะช่วยให้ผู้สอนไม่จำเป็นต้องใช้เวลามากในการบรรยาย หรืออธิบายเนื้อหาโดยใช้เพียงคำพูดเท่านั้น ยังให้ผู้สอนเปลี่ยนจากการเป็นผู้ป้อนความรู้มาเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ

จากการกล่าวถึง คุณค่าของสื่อการสอนของนักการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปคุณค่าของสื่อการสอนได้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ในเวลาอันสั้น และเพิ่มทักษะในการเรียนรู้มากขึ้น
2. ช่วยให้จดจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและนานวัน
3. ช่วยในการก่อให้เกิดรูปธรรม และความคิดรวบยอด (Concept) ในการเรียนรู้
4. ช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิดอย่างต่อเนื่อง
5. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องพื้นฐาน หรือภูมิหลังของผู้เรียนที่แตกต่างกัน
6. ช่วยให้ครูสอนได้ดีขึ้น และช่วยทำให้การสอนของครูบรรลุเป้าหมาย

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวคิดในการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยคำนึงถึงคุณค่าของสื่อการสอน มาใช้ในการพิจารณาและใช้เป็นกรอบในการสร้างอุปกรณ์ที่ดีโดยคำนึงถึงคุณค่าด้านต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และได้รับประสบการณ์ตรงในการได้ใช้ชุดทดลอง และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการพิสูจน์ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงอันเป็นพื้นฐานของการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ต่อไปในระดับสูงขึ้น

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523 : 137) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร มีความสามารถชนิดใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือประมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530 : 1) ได้ให้ความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดดูว่า นักเรียนมีพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับการฝึกอบรมในช่วงที่ผ่านมา อันเป็นเรื่องราวของอดีต

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น หมายถึง การวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสมรรถภาพทางสมองและสติปัญญา เช่น ความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องราวที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะต้องวัดภายหลังการเรียนและจะต้องวัดตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอน ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบทดสอบ

คลอพเฟอร์ (ภพ เลาหไพบูลย์. 2537 : 295 – 304) ; อ้างอิงจาก Klopfer. 1971) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ การจัดประเภท และการบรรยายลักษณะตามที่เคยเรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมา พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ แบ่งเป็น 9 ประเภทคือ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์
1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์
1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและการลำดับขั้น
1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภท การจัดประเภท และเกณฑ์
1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์
1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความได้ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออก โดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน เลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ และแผนภาพได้ หมายเหตุ พฤติกรรมด้านความเข้าใจแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

2.1 ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ เช่น กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ หรือ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการนั้น ๆ หรือให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ ๆที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีที่กำหนดให้

2.2 กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้ แล้วให้นักเรียนยกตัวอย่าง หรือระบุสถานการณ์อีกสถานการณ์หนึ่ง ที่เป็นไปตามวิธี หลักการ กฎ ทฤษฎีเดียวกัน

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด ประกอบด้วย

3.1.1 การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3.1.2 การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม

3.1.3 การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ

3.1.4 การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม

3.1.5 การประมาณค่าจากการวัด และการยอมรับขีดจำกัด ของ ความถูกต้องของเครื่องมือเครื่องใช้

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาประกอบด้วย

3.2.1 การมองเห็นปัญหา

3.2.2 การตั้งสมมติฐาน

3.2.3 การเลือกวิธีทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสม

3.2.4 การออกแบบกระบวนการทดลอง ที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.3 การตีความหมายของข้อมูล และการสรุป ประกอบด้วย

3.3.1 การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.3.2 การนำเสนอข้อมูล

3.3.3 การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสังเกตต่างๆ

3.3.4 การตีความและการขยายความจากข้อมูล

3.3.5 การประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูล ที่ได้จากการทดลอง

3.3.6 การสร้าง ข้อสรุป กฎ หรือหลักการเหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์

3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี หรือทฤษฎีประกอบด้วย

3.4.1 การตระหนักถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแบบจำลองเชิงทฤษฎี

3.4.2 การสร้างแบบจำลองทฤษฎี ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่าง ๆที่เหมาะสม

3.4.3 การระบุปรากฏการณ์ และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบาย ได้ด้วยแบบจำลองทฤษฎี

3.4.5 การแปลความหมายและการประเมินผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบแบบจำลองทฤษฎี

3.4.6 การปรับปรุงแก้ไข หรือเพิ่มเติมแบบจำลองทฤษฎี

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน การใช้เครื่องมือ ปฏิบัติการได้ถูกต้อง และการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ พฤติกรรมด้านการนำไปใช้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้คือ

4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน

4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต้องวัดผลทั้งทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวัดผลช่วยบอกให้ทราบสถานการณ์การเรียนการสอนรวมทั้งสื่อการเรียนและวิธีสอนที่ใช้หรือปฏิบัติ สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตรเพียงใด เพื่อความสะดวกในการประเมินผล สามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์ 2524 : 25)

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้

4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2532 : 5) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537 : 14) ให้ความหมายว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540 : ค) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหา

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่วและชำนาญ

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมการศึกษาวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา (America Association for the Advance of Science หรือ AAAS) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 กระบวนการ ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 1-5) ได้นำมาจัดกระทำเป็นแนวทางการสอนให้กับครูไทย โดยแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (The Basic Process Skills) มี 8 ทักษะ
2. ทักษะกระบวนการขั้นสูง (The Integrated Process Skills) มี 5 ทักษะ

ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างในขณะเดียวกันหรือเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น กาย เพื่อใช้ในการสัมผัสเหตุการณ์หรือสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยตรง โดยมีข้อเงื่อนไขว่าต้องไม่มีการใส่ความคิดเห็นของผู้ที่ทำการสังเกตลงไป

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือรายละเอียดของเหตุการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.2 บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณอย่างคร่าว ๆ โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะด้านการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง และมีหน่วยของการวัดกำกับมาด้วยเสมอ

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ฯลฯ ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขได้กับสิ่งที่ทำการวัด

3. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดเรียงลำดับของวัตถุโดยการใช้ความเหมือนหรือความแตกต่าง

3.1 เรียงลำดับเหตุการณ์หรือแบ่งพวกสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดไว้ได้

3.2 เรียงลำดับเหตุการณ์หรือแบ่งพวกสิ่งของต่างๆ จากเกณฑ์ของตนเองได้

3.3 สามารถบอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

4. ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาทำการคำนวณ โดยการ บวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

4.1 นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

4.2 คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีคิดคำนวณได้

4.3 สามารถบอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4.4 หาค่าเฉลี่ยได้

4.5 แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

5.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

5.2 วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ

5.3 บอกชื่อรูปของรูปทรงเลขาคณิตได้

5.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้

5.5 บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

5.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพที่ปรากฏในกระจกเงาว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

5.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดทำในรูปแบบใหม่ ๆ เช่น หาความถี่เรียงตามลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจกับข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ รูปวงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย ฯลฯ

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลที่ตนเองเลือกได้

6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

6.5 บรรยายลักษณะของบางสิ่งด้วยข้อความที่กระทัดรัดเหมาะสมจนผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 วาดแผนผังแสดงตำแหน่งสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอภิปรายสรุปการเพิ่มเติมรายละเอียดกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยลงความคิดเห็นให้กับข้อมูลอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้า ก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ อาศัยหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุป การพยากรณ์ข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวเลขได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือ กราฟ สามารถทำได้อีก 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตและนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

8.1 ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2 ทำนายผลที่เกิดขึ้นของข้อมูลเชิงปริมาณทั้งภายในหรือภายนอกขอบเขตข้อมูลได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

12. ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลอง โดยการออกแบบการทดลอง การวางแผน การทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดและควบคุมตัวแปรเพื่อนำไปสู่วิธีการเตรียมอุปกรณ์หรืออาจเป็นสารเคมีในขั้นตอนนี้

12.1 ออกแบบการทดลอง กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่จะทำการควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลอง

12.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

12.3 บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

13. การตีความหมายของข้อมูลและข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่

13.1 บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ เช่นการตีความหมายจากกราฟหรือการตีความหมายที่ต้องใช้ทักษะการคำนวณ

13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแบบของประวิตร ชูศิลป์ เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 พฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมายจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้ จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการใหม่ หรือที่ต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติ และฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญ สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทดลอง และ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติ (Attitude) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถานพุทธศักราช 2525 หมายถึง ท่าที ความรู้สึก แนวความคิดเห็นของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายไว้ได้ดังนี้

เธอร์สโตน (Thurston. 1976 : 77) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง เรื่องของความชอบ ความไม่ชอบ ความคิดเห็น ความลำเอียง ความรู้สึก และความเชื่อต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยแสดงพฤติกรรมโน้มเอียงอย่างใดอย่างหนึ่งในรูปของการประเมินว่าชอบ ไม่ชอบ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540 : 106) และณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 115) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ประสบการณ์ โดยมีธรรมชาติเป็น "อารมณ์" และโน้มเอียงไปในเชิง "ศิลป"

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2542 : 53) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง อารมณ์ ความรู้สึกอันเกิดจากการได้สัมผัส รับรู้ต่อสิ่งนั้นโดยแสดงความโน้มเอียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ในรูปของการประเมินว่าชื่นชอบหรือไม่ชอบ

ดังนั้นสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือความคิดเห็นต่อสิ่งต่าง ๆ ที่ประสบพบเห็นอาจจะเป็นทางบวกและทางลบ ซึ่งถ้าบุคคลใดมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งใดแล้ว ย่อมที่แสดงพฤติกรรมไปในทางนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้การศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์จึงมีความสำคัญ จำเป็นต้องทำความเข้าใจเรื่องของเจตคติ เพราะเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่จะกระตุ้นให้เกิดการกระทำ

5.2 ประเภทของเจตคติ

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528 : 230) ได้แบ่งเจตคติออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. เจตคติทางบวก หรือ เจตคติที่ดี หมายถึง แนวโน้มที่อินทรีย์จะเข้าหาสิ่งเร้าหรือสถานการณ์นั้น เนื่องจากความชอบหรือความพอใจ

2. เจตคติทางลบ หรือเจตคติที่ไม่ดี หมายถึง แนวโน้มที่อินทรีย์จะถอยหนีออกจากสิ่งเร้าหรือสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากความไม่ชอบหรือไม่พอใจ

5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2520 : 3) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบของเจตคติมี 3 ประการ คือ

1. องค์ประกอบทางด้านความรู้หรือปัญญา (Cognitive Component) จะเกี่ยวข้องกับการจัดประสบการณ์ทางการรู้ การเข้าใจที่สัมพันธ์กันได้แก่ ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ

2. องค์ประกอบทางด้านอารมณ์ (Affective Component) เกี่ยวข้องกับท่าทีความรู้สึก และอารมณ์ต่างๆ ที่เป็นตัวเร้าความคิดอีกต่อหนึ่ง ส่งผลให้บุคคลประเมิน สิ่งเร้านั้นว่าเป็นที่พอใจ หรือไม่พอใจ ชอบหรือไม่ชอบ คือมีความรู้สึกด้านบวกและด้านลบนั่นเอง

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่มีแนวโน้มจะตอบสนองหรือตัดสินใจปฏิบัติ คือถ้ามีสิ่งเร้าที่เหมาะสมจะเกิดการปฏิบัติตอบสนองในทางที่สนับสนุนหรือคัดค้านเต็มใจทำหรือไม่เต็มใจ

5.4 เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไปเป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า เครื่องมือแบบที่นิยมใช้ทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1) วิธีของเธอร์สโตน

(Thurstone) 2) วิธีของลิเคอร์ท (Likert) และ 3) วิธีของออสกูล (Osgood)

ในทางปฏิบัติ เมื่อผู้สร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยได้ทราบโครงสร้าง หรือพฤติกรรมบ่งชี้เจตคติที่จะศึกษาด้วย ก็สามารถนำโครงสร้างหรือพฤติกรรมบ่งชี้นั้นไปประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องมือตามวิธีใดวิธีหนึ่งได้ตามความเหมาะสม

การวัดเจตคติโดยวิธี Likert Method

วิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติโดย Renis Likert เป็นกระบวนการสร้างแบบสอบถามโดยการสร้างข้อความ ขึ้นมาหลาย ๆข้อความให้ครอบคลุมหัวข้อที่เราจะศึกษา (ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2520 : 27 – 28) การตอบแบบสอบถามนี้มีข้อให้เลือก 5 ข้อ คือ 1) เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2) เห็นด้วย 3) ไม่แน่ใจ 4) ไม่เห็นด้วย 5) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง การให้คะแนนนั้นขึ้นกับชนิดของข้อความว่าเป็นเชิงนิมาน (Positive) หรือเชิงนิเสธ (Negative)

ถ้าเป็นข้อความเชิงนิมาน (Positive Statement) การให้คะแนนจะเป็นดังนี้

ข้อเลือก	คะแนน
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	4
เห็นด้วย	3
ไม่แน่ใจ	2
ไม่เห็นด้วย	1
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	0

ในกรณีที่ข้อความนั้นเป็นเชิงนิเสธ (Negative Statement) การให้คะแนนจะตรงกันข้ามดังนี้

ข้อเลือก	คะแนน
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	0
เห็นด้วย	1
ไม่แน่ใจ	2
ไม่เห็นด้วย	3
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	4

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีของ Likert และใช้การให้คะแนนใช้จาก 1 ถึง 5 ซึ่งไม่ทำให้การตีความหมายแตกต่างกันอย่างไร

5.5 การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118 – 127) ได้ให้แนวการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไว้ เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรมซึ่งบ่งชี้ว่า บุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร คือ (สนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือ ประเภทนี้จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็น เป้าหมายของ " เจตคติต่อ... " เสียก่อนหลังจากนั้น ควรกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย ซึ่งในส่วนของโครงสร้างพฤติกรรมด้านเจตคตินี้ กล่าวได้ว่ามีรายละเอียดแตกต่างกันไปสุดแต่ว่าจะ

ใช้กรอบความคิดใดเป็นแหล่งอ้างอิง ในที่นี้จะนำกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2528 : 29 –30) ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ควรตระหนักในคุณและโทษจากการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดย ใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบแนวคิดดังกล่าว สามารถจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยได้ 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 1 – 4
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออก ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วนคือ
   2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม 5 – 7
   2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ได้แก่ พฤติกรรม 8 และ 9 (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 119)

สรุปได้ว่าการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีลักษณะ คือ พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด และพฤติกรรมในระดับการแสดงออก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยเลือกใช้วิธีวัดเจตคติตามแบบของลิเคอร์ท ด้วยเหตุผลที่ว่าแบบของลิเคอร์ทเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปสามารถวัดเจตคติ ความคิดเห็นได้ค่อนข้างกว้าง และชัดเจน โดยเน้นเฉพาะประเด็นที่เป็นเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยพิจารณาความสนใจของนักเรียน การนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาความยากง่าย และความเหมาะสมกับเวลา ความแข็งแรงทนทาน ความเพลิดเพลิน ในการเรียน ซึ่งในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ในครั้งนี้อาศัยกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2528 : 29 – 30)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง

งานวิจัยในประเทศ

สนอง ทองปาน (2537 : 76 – 81) ได้พัฒนาเครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่มีราคาถูกเพื่อใช้ทดแทนเครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน และได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสามารถในการอัดขยายภาพขาว – ดำของนักเรียน โดยใช้เครื่องอัดขยายที่พัฒนาขึ้นกับที่ได้รับการสอนโดยใช้เครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประโยชน์ทางการศึกษาทดแทนอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งมีราคาแพงได้

มนต์เทียน เทียนประทีป (2538 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องบันทึกตัวเลขอเนกประสงค์ ไปประยุกต์ใช้งานทดลองทางฟิสิกส์ 3 อย่าง ได้แก่ 1) ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่า

ความต้านทาน เทอร์มิสเตอร์ที่ไม่ทราบค่าความสัมพันธ์ 2) ใช้หาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า ตั้งแต่เริ่มจ่ายกระแสให้เตาอบ 3) ใช้จับเวลาในการทดลองเรื่องการกลิ้งและรัศมีไจเรชั่น โดยทดลองจับเวลาการกลิ้งของทรงกระบอกตันตามพื้นเอียงที่ความสูงต่างๆ เพื่อหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งจากการทดลองพบว่า เครื่องมือทำงานได้ในระดับดี และมีความผิดพลาดในการจับเวลาเป็น 0.01 วินาที

วันชัย ศศิสกุลพร (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้าง และทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิมจำนวน 19 คน ผลการวิจัยพบว่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของชุดทดลองมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มที่ใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.61 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 68.84 เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคันคว้าเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 4 สาขาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 10 คน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อยกลุ่มละ 2 คนซึ่งได้จากการสุ่มแบบธรรมดา ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางด้านความเที่ยงตรงร้อยละ 97.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ศิริเพ็ญ จึงตระกูล (2542 : 174) ได้สร้างชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษา พบว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ตามทฤษฎี ครูผู้สอนและนักเรียนมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

ธนพรรษ เหมเชื้อ (2542 : 74) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ขาวดำ เพื่อใช้แสดงสัญญาณคลื่นทางไฟฟ้าประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า ออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ขาวดำที่พัฒนาขึ้นใช้งบประมาณในการจัดสร้างน้อยแต่มีคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพ และด้านส่งเสริมการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

มงคล จงสุพรรณเพงศ์ (2543 : 104) ได้พัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการศึกษาพบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามทฤษฎีทั้ง 7 การทดลอง ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 (ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการเสาะแสวงหาความรู้) และมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลอง

จากงานวิจัยดังกล่าว พอสรุปได้ว่า ชุดอุปกรณ์การทดลองที่พัฒนาขึ้นหรือสร้างขึ้นมาทดแทนมีประสิทธิภาพทางการศึกษาสูงทำให้มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการทดลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำให้มีอุปกรณ์ที่หลากหลายสามารถส่งเสริมการเรียนการสอนให้มีคุณภาพให้ผลการทดลองที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศในราคาแพงและชุดทดลองต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นโดยใช้วัสดุที่มีในประเทศในราคาที่ถูกกว่า

งานวิจัยต่างประเทศ

สเปน (Spain. 1971: 285 – 290) ได้ศึกษาถึงปัญหาเกี่ยวกับการเรียนวิทยาศาสตร์ การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ วิธีและเทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาและความยุ่งยากทั่วไปในการสอนวิทยาศาสตร์ จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ 33 คน ใน 8 โรงเรียน ในไนจีเรียตอนเหนือ (Northern Nigeria) ผลการวิจัยพบว่า

1. มีครูจำนวน 18 คน คิดว่าแบบเรียนยังไม่เพียงพอสำหรับเด็ก และเนื้อหาในแบบเรียนยังไม่เหมาะสม

2. มีครูจำนวน 16 คน เห็นว่า เครื่องมือการทดลองเพียงพอแล้วแต่ยังมีครูอีก 15 คน ยังเห็นว่าต้องการเครื่องมือในการทดลองวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้น

3. มีจำนวนครู 32 คน มีความเห็นว่า ควรได้มีการทบทวนวิธีการทดลองใหม่และการสอนเนื้อหานั้นควรจะเน้นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเด็กมากขึ้น

ดอแรน และคณะ (Doran and others. 1993 : 1121) ได้ศึกษาวิธีการประเมินทักษะการปฏิบัติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เทคนิคการประเมินแบบดั้งเดิมคือการทดสอบด้วยข้อเขียน และรายงานการทดลองยังคงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินต้องประกอบด้วยคู่มือนักเรียน อุปกรณ์สำหรับการทดลอง และการให้คะแนนที่น่าเชื่อถือ

ดัดลาส (Douglas.1998 : 228 – A) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่เป็นของจริงสำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบ การถ่ายทอดความรู้จากการอ่านเนื้อหาแบบ วรรณคดี และการออกแบบอุปกรณ์ตามรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เคลื่อนไหวได้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมจากการวิเคราะห์พบว่า การใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีมาก

แจ็คกี้ และ ซูซาน (Jacky and Susan.2000 : 47 – A) ได้ศึกษาวิธีการนำเสนอปัญหา 4 ขั้นในรูปแบบ CASE (Cognitive Accelleration through Science Aducation) เป็นบทเรียนช่วยให้เกิดความเข้าใจและพัฒนาทักษะการคิด เป็นกิจกรรมที่พัฒนาแบบต่อเนื่อง โดยใช้ ชิ้นส่วนอุปกรณ์เป็นรูปแบบจำลองให้นักเรียนได้ศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับพันธะทางโครงสร้างของอะตอมได้ อธิบายตามสถานการณ์จริง หลังจากการนำชิ้นส่วนภาพที่เป็นรูปธรรม มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเกิดการเคลื่อนไหว ความคิด และความเข้าใจ มีกิจกรรมทั้งหมด 4 กิจกรรม ทดลองกับนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 – 4 คน รวมกันทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่านักเรียนสามารถทำงานเป็นกลุ่มได้ดีและสามารถวินิจฉัยตามสถานการณ์จำลองได้ถูกต้อง

ยีบเนท,ทีสซา และแครอล (Gwyneth,Tessa and Carol. 2001 : 27 –A)ได้ศึกษาเรื่องความเข้าใจของเด็ก ๆ เกี่ยวกับการใช้กล้องจุลทรรศน์ และความสัมพันธ์ของสเกล จากการใช้อุปกรณ์ขยายภาพจากของจริง หรือการเรียนรู้จากความเข้าใจด้วยตนเอง ศึกษากับเด็กอายุระหว่าง 5 – 11 ปี โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ในการดูวัตถุขนาดเล็กผ่านเลนส์ของกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยายแตกต่างกัน เป็นการสอนด้วยเครื่องมือ แล้วให้เด็ก ๆ อธิบายจากสิ่งที่เขามองเห็น เป็นการศึกษาที่ค้นพบด้วยตัวเอง สามารถจะแสดงการสื่อความหมาย และต้องนำมาแปลความที่เป็นเหตุผลที่เหมาะสม

จากงานวิจัยต่างประเทศ สรุปได้ว่าครูต้องการให้มีการแนะนำช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลอง และมีปัญหามากในด้านไม่มีอุปกรณ์เพียงพอ และการนำอุปกรณ์ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนมี

ส่วนให้นักเรียนเรียนดีขึ้น ทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์กับสิ่งที่เขาสังเกตเห็นความจริงจากการทดลองทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

กัญญา ทองมั่น (2534 : 83 –84) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางและกำหนดทิศทาง พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2540 : 69) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศ ประสบการณ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานโดยส่วนรวมต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนจำนวนปานกลาง (ร้อยละ 43.74 – 47.62) ได้คะแนนเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

จิรพรรณ์ ทะเขียว (2543 : 82) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิดเดน (Widded. 1973 : 35 –83 A) ได้ศึกษาผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 62 คนและนักเรียนจำนวน 555 คนโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA) และครูที่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรเดิม โดยครูไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุมและครูที่ได้รับการอบรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

เปปปิลิส และคณะ (Pappelis and others.1980 : 307 –311) ได้ทำการศึกษาผลการทดลองเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเตรียมแพทย์ และนักศึกษาทันตแพทย์ จำนวน 38 คน โดยให้เรียนเนื้อหาปฏิบัติการด้านการหาปริมาณและการลงความเห็น ส่วนด้านการสังเกต การจำแนกประเภท การทดลอง และการพยากรณ์ไม่มีการปรับปรุง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ ไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้นถ้านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ละด้านดีแล้ว นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีด้วย การที่จะสอนให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์สื่อการสอนมีส่วนทำให้การเรียนการสอนดีขึ้น และยังทำให้ได้มีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นชุดทดลองในการใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยใช้เกณฑ์ 80 / 80

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวกับการสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในขอบเขตเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ และสาระการเรียนรู้ตลอดจนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดทดลองและหลักการทำงาน ซึ่งชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ด้วยกันดังนี้

2.1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 - 90 องศา กับแนวระดับ (ดังภาพประกอบ 6 - 8 ในภาคผนวก ข)

2.2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (ดังภาพประกอบ 10 –11 ในภาคผนวก ข)

2.3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็ววัตถุ (ดังภาพประกอบ 12 – 14 ในภาคผนวก ข)

3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ ในการสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งในการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ผู้วิจัยคำนึงถึงวัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว หรือหาได้ง่าย มีคุณภาพดี คงทน ถาวร และมีความเหมาะสมเป็นสำคัญ ดังภาคผนวก ข

4. การสร้างชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

การสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างชุดทดลองส่วนต่าง ๆ ทั้ง 3 ส่วนร่วมกับช่างเทคนิคเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งวิธีการสร้างอยู่ในภาคผนวก ข โดยผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ คิดหลักการ กรอบแนวคิดในการสร้าง กำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม และช่างเทคนิคเฉพาะทางเป็นผู้เขียนโปรแกรมคำสั่งในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดจนดำเนินการสร้างชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุในครั้งนี้ หลังจากนั้นผู้วิจัยนำชุดทดลองที่สร้างเสร็จแล้วประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อนำไปทดสอบหลักการทำงานเบื้องต้นและทดสอบประสิทธิภาพต่อไป (ดังภาพประกอบ 15 – 16 ในภาคผนวก ข)

5. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

เมื่อสร้างชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุขึ้นแล้ว ผู้วิจัยจะทำการทดสอบ

ความสามารถในการใช้งานของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ พิจารณาผลการทดลองเบื้องต้นจากชุดทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลอง จำนวน 5 ครั้งในแต่ละครั้งการทดลองต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ทุกครั้ง จะถือว่าชุดทดลองมีคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ก่อนจะนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบ และประเมินคุณภาพของชุดทดลองต่อไป

6. การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลอง ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง 2 ชุด โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

6.1 ในการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ในเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ฟิสิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการทดลอง และวัสดุอุปกรณ์ในชุดทดลอง

6.2 ส่วนประกอบของคู่มือการใช้ชุดทดลอง การทำงานของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ผู้วิจัยจัดทำคู่มือขึ้น 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดส่วนประกอบของคู่มือแต่ละชุดไว้ดังนี้

6.2.1 คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย

- ใบความรู้
- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุอุปกรณ์
- ขั้นตอนการทดลอง
- การรายงานผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง
- คำถามท้ายการทดลอง
- แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

6.2.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับครู ประกอบด้วย

- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุอุปกรณ์
- ขั้นตอนการทดลอง
- แนวบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง
- คำแนะนำและความรู้เพิ่มเติม
- เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

ตาราง 3 แสดงกิจกรรมการทดลองของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

การทดลองที่	จำนวนคาบ	ชื่อการทดลอง	การประเมินผลระหว่างทำการทดลอง
-	2	-ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวตรง	-
1	2	-การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรง	ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
2	2	-การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง	ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
3	2	-การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง	ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
4	2	-การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
5	2	-การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา	ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
รวม	12		

6.2.3 นำคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียน และครู ที่สร้างขึ้นให้ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ตรวจสอบก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และวิทยาศาสตรศึกษา ได้แก่ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์ ดร. วิชาญ เลิศลพ อาจารย์จักรพันธุ์ จงเพ็งกลาง อาจารย์อนันต์ ฟักกระโทก และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของการทดลอง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลอง กับเนื้อหาของการทดลอง ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังมีค่า IOC ต่ำกว่า .50 ซึ่งไม่สอดคล้องกัน ได้แก่ เนื้อหาการทดลองที่ 2 กับจุดประสงค์การทดลองข้อที่ 3 ปรับเป็น สามารถอธิบายความเร็วจากกราฟของขนาดการกระจัดกับเวลาได้ และเนื้อหาการทดลองที่ 3 กับจุดประสงค์การทดลองที่ 1 ปรับเป็น นักเรียนสามารถทำการทดลองและศึกษาความเร่งของวัตถุจากการทดลองได้ และข้อ 2 ปรับเป็น หาความเร่งจากกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้ (ภาคผนวก ง)

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ผู้วิจัยนำชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเนื้อหาการเคลื่อนที่ในแนวตรง จำนวน 2 ท่าน ได้แก่ อาจารย์อนันต์ ฟักกระโทก อาจารย์จักรพันธุ์ จงเพ็งกลาง ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาสาขาฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน ได้แก่

อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์ ดร. วิชาญ เลิศลพ และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร ผู้เชี่ยวชาญนี้ได้ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลองตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ในการประเมินคุณภาพชุดทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินจำนวน 2 ชุดดังนี้

1. การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

โดยศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารแบบประเมิน และจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้าง แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ซึ่งแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบวิธีของลิเคิอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 107) โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่า ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5 , 4, 3 , 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งในการประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 4 ด้าน คือ

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

และให้ความหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ในการประเมินคุณภาพชุดทดลองในครั้งนี้จะมีคำถามแบบปลายเปิดให้ผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดทดลอง ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำชุดทดลองไปใช้จริงดังนี้

- ปรับปรุงตัววัดมุมของแกนรางเอียงใหม่ โดยใช้ตัววัดมุมแบบครึ่งวงกลมชนิดพลาสติกใส และติดตั้งไว้ที่ปลายรางด้านบนตรงจุดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งประกอบด้วยลูกดิ่งผูกติดกับเชือกและวางตัวในแนวดิ่งตามมุมของแกนรางเอียงที่เราต้องการ
- ใส่สปริงรองรับแท่งเหล็ก ที่จุดปรับแกนรางเอียงป้องกันชุดแกนรางเอียงเลื่อนลงมาขณะที่ทำการทดลอง
- ในการทดสอบใช้ชุดทดลองของผู้วิจัย ใช้น้ำมันหล่อลื่นทาที่บริเวณพื้นรางเอียงเพื่อลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

อนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดทดลอง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติม ส่วนที่ผู้วิจัยยังไม่สามารถปรับปรุง ได้เสนอแนะไว้ในการวิจัยต่อไป

2. การสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู

ในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครูมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาแนวทางวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น หนังสือ หรือเอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่างๆ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครู ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ กิจกรรมการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง เป็นต้น จำนวน 15 ข้อ แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินในเชิงปริมาณ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด เกณฑ์ในการให้คะแนนเพื่อยอมรับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

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

และให้ความหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3. นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

4. นำคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้จริงดังนี้

4.1 ปรับปรุงภาพประกอบชุดทดลองให้มีความชัดเจน และคำอธิบายภาพประกอบให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถอ่านได้ชัดเจนขึ้น

4.2 ปรับปรุงคำศัพท์ที่ไม่ถูกต้องจำนวนมาก เช่น คำว่า การกระจัด การขจัด ระยะขจัด ปรับใช้คำที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ การกระจัด

4.3 ปรับปรุงตัวย่อ เช่น ตัวย่อ วินาที จาก sec เปลี่ยนเป็น s ให้เหมือนกับที่ใช้ในห้องเรียน และ สัญลักษณ์ถ้าเป็นหน่วยให้ใช้ตัวอักษรแบบตรง

5. นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน จำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่มีความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยผู้วิจัยได้สังเกต ซักถาม และให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน (ภาคผนวก ง)

หลังจากนั้นนำข้อบกพร่องต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไขดังตาราง 4 ก่อนนำชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองไปหาประสิทธิภาพทางการศึกษาในการเรียนการสอนต่อไป

ตาราง 4 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการทดลองใช้ชุดทดลอง(Try out) กับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2 ยังไม่ชัดเจน	1. ปรับตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2ให้ชัดเจนขึ้น
2. ตัวยึดไดโอดอินฟาเรดบางจุดยังไม่แน่น	2. ปรับที่ยึดอินฟาเรดให้แน่นทุกจุด
3. รายละเอียด ที่เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุยังไม่ชัดเจน	3. ติดรายละเอียด ข้อมูล ที่เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุให้ชัดเจนขึ้น

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80

เมื่อพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงแล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนประมาณ 86 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนปราสาทวิทยาคมที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 15 คน(กลุ่มตัวอย่าง 15 คน เพราะว่ามีข้อจำกัดเรื่องชุดทดลองมี 3 ชุด) โดยได้จากการสุ่ม 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกใช้วิธีสุ่มแบบจัดกลุ่ม (จาก 2 ห้องสุ่มมา 1 ห้อง) และขั้นที่ 2 สุ่มแบบแบ่งชั้นตามตัวแปรผลการเรียนเฉลี่ย (เก่ง ปานกลาง และอ่อน) เพื่อสุ่มนักเรียนมากลุ่มผลการเรียนละ 5 คน

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

3.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2 เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งประกอบด้วยการทดลอง จำนวน 5 การทดลอง ดังนี้คือ

การทดลองที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรง

การทดลองที่ 2 เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

การทดลองที่ 3 เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

การทดลองที่ 4 เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 5 เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยทดลองใช้สอนนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ทำการทดลองนอกเวลาเรียนในคาบว่างและคาบกิจกรรมอิสระ จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

3.5 การดำเนินการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองโดยใช้เกณฑ์ **80 / 80**

นำชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่ผ่านการแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80 ตัวเลข 80 ตัวแรกหมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนของนักเรียนทั้งหมดที่เรียนจากชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตัวเลข 80 ตัวหลังหมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนสำหรับการหาประสิทธิภาพชุดทดลองมีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จำนวน 30 ข้อ
2. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จำนวน 30 ข้อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์.2542 : 58 – 105)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงจากแบบเรียน และคู่มือครู เพื่อสร้างตารางจำแนกข้อสอบ (ภาคผนวก ค) ซึ่งนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 60 ข้อ ซึ่งมีพฤติกรรมที่ต้องการวัด 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการทดลองตามเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 4 ทักษะ คือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

1.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับชุดที่ประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถาม กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป จำนวน 60 ข้อ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวก ง)

1.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วจำนวน 50 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสีคิ้ว "สวัสดิ์ผดุงวิทยา" จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และได้รับการสอน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของ จุง เตห์ ฟาน (ภาคผนวก ค)

1.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ค)

1.6 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร K.R. –20 ซึ่งแบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{tt}) เท่ากับ 0.82 (ภาคผนวก ค)

1.7 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิอรท์ (Likert Scale) และการวัดผลการเรียนรู้ ในด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

2.2 สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ ซึ่งพิจารณาโดยรวมในการแสดงความคิดเห็น 3 ด้านดังต่อไปนี้

2.2.1 ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง

2.2.2 ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง

2.2.3 ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง

เกณฑ์ในการให้ระดับคะแนนของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในแบบประเมิน จะพิจารณาข้อความเชิงนิมาน (เชิงบวก) มีการให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน

ถ้าเป็นข้อความเชิงนิเสธ (เชิงลบ) จะพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงนี้ ผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ รศ.ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 129) มีจำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ค)

2.3 นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองที่สร้างขึ้นนี้ เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างลักษณะของข้อคำถามกับการแสดงความคิดเห็นที่ต้องการวัด มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขได้แก่ ชุดคำถามเชิงบวก และเชิงลบที่สลับข้ออย่างไม่เป็นระบบ ผู้วิจัยนำชุดคำถามเชิงบวกและเชิงลบมาต่อเนื่องกันเป็นชุด ๆ และสลับกันอย่างเป็นระบบมากขึ้น ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ง)

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง ตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest - Posttest Design (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 60) มีแบบแผนการทดลองดังนี้

ตาราง 5 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
(R) E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

R แทน การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Assignment)

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

T_1 แทน การสอบก่อนเรียน (Pretest)

X แทน การเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนปราสาทวิทยาคม เพื่อขอความร่วมมือในการทำการวิจัย

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียนจำนวน 30 ข้อและให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองก่อนเรียนจำนวน 30 ข้อ

3. ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนโดยแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คนต่อ 1 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองมีทั้งหมด 3 ชุด) และเก็บข้อมูลระหว่างเรียนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวแรกของชุดทดลอง

4. เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกคนเพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวหลัง และเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

5. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียน

6. นำคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80

7. นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียน และหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองนี้ กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านลักษณะกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ตัดสินคุณภาพของชุดทดลอง ที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.5 (จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ เมื่อ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ปานกลาง 4 หมายถึง ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองแต่ละการทดลอง กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบทุกการทดลอง โดยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 / 80

2.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร K – R 20 (Kuder –Richardson 20) แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

2.3 การวิเคราะห์แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยพิจารณาจาก ระดับความคิดเห็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง หาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และทำการวิเคราะห์ประเมินระดับเจตคติโดยใช้สถิติ t – test แบบ Dependent Samples

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป จากโปรแกรม SPSS 10 for Windows (Statistical Pack for the Social Science) และ Microsoft Excel 98

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีการจัดกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มทดลองโดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)

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

เมื่อ

$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และคะแนนทดสอบ คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 143)

$$S = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N\left(N-1\right)}}$$

เมื่อ

S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

X แทน คะแนนแต่ละคน

1.3 หาค่าคะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142)

$$S^2 = \frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N\left(N-1\right)}$$

เมื่อ

S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

X แทน คะแนนแต่ละคน

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หมายถึง ค่าที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ด้านการวัดผลและประเมินผล เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เป็นการตรวจสอบและพิจารณาว่าแบบทดสอบ แต่ละข้อนั้นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และจุดมุ่งหมายหรือไม่ ค่าที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เรียกว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item – Objective Congruence) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง - 1 ถึง +1 ถ้าค่า IOC ที่ได้น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าแบบวัดนั้นไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนที่ต้องการจะวัด ต้องปรับปรุงใหม่ โดยการนำคะแนนที่ได้มาแทนค่าในสูตร (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 235)

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

เมื่อ

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาวิชาทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (Difficulty Index : p) และค่าอำนาจจำแนก (Discriminatation Index : r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (Item Analysis) (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

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

เมื่อ

P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

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

เมื่อ

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและอ่อน

2.3 หาความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (Kuder – Richardson 20 หรือ K – R 20) (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 228) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^{\,2}}\right]$$

เมื่อ

r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนผู้ตอบถูกต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)

q แทน สัดส่วนผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ 1-p

$S_t^{\,2}$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80

3.1 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80 / 80 (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 56 – 57) โดยคำนวณจากสูตร

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

โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทุกการทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 หรือสูงกว่า คำนวณจากสูตร

$$E_1 = \frac{\left[\frac{\sum X}{N}\right]}{A} \times 100$$

เมื่อ

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนจบทุกการทดลองโดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 หรือสูงกว่า คำนวณจากสูตร

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\sum Y}{N}\right]}{B} \times 100$$

เมื่อ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์(พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวของนักเรียน) จากการประเมินหลังเรียนจบทุกการทดลองคิดเป็นร้อยละ

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

4. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ในเรื่องของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อชุดทดลอง ใช้การทดสอบค่าที (t Value) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้ง (Test-retest or paired measurement) ผลต่างของคะแนนก่อน-หลังใช้ t – test แบบ Correlated samples or dependent samples (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 165) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ $\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบหลังใช้ชุดทดลองกับคะแนนก่อนใช้ชุดทดลอง

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังใช้ชุดทดลองกับคะแนนก่อนใช้ชุดทดลอง

n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการนำชุดทดลองไปทดลองวิจัย และพัฒนากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
2. ศึกษาคุณภาพของชุดทดลอง โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ
3. ศึกษาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80
4. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น
5. ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน คือ ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80 ในแต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง

ในการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงนั้น ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลองให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองจำนวน 2 การทดลอง ๆ ละ 5 ครั้ง ประกอบไปด้วย การทดลองเพื่อศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง และการทดลองเพื่อศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก การวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง

การทดสอบครั้งที่	ช่วงที่	ระยะทาง (m)	พื้นเอียงทำมุมกับแนวระดับ (องศา)								
			มุม 5 องศา			มุม 10 องศา			มุม 15 องศา		
			เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)
1	1	0.2	0.71	0.28		0.50	0.40		0.41	0.48	
	2	0.4	1.04	0.60	0.67	0.73	0.86	1.26	0.60	1.05	1.93
	3	0.6	1.28	0.83	(0.58)*	0.90	1.17	(1.16)*	0.74	1.49	(1.72)*
	4	0.8	1.48	1.00		1.05	1.33		0.86	1.66	
2	1	0.2	0.71	0.28		0.50	0.40		0.41	0.48	
	2	0.4	1.04	0.60	0.67	0.73	0.86	1.26	0.60	1.05	1.93
	3	0.6	1.28	0.83	(0.58)*	0.90	1.17	(1.16)*	0.74	1.49	(1.72)*
	4	0.8	1.48	1.00		1.05	1.33		0.86	1.66	
3	1	0.2	0.71	0.28		0.50	0.40		0.41	0.48	
	2	0.4	1.04	0.60	0.67	0.73	0.86	1.26	0.60	1.05	1.93
	3	0.6	1.28	0.83	(0.58)*	0.90	1.17	(1.16)*	0.74	1.49	(1.72)*
	4	0.8	1.48	1.00		1.05	1.33		0.86	1.66	
4	1	0.2	0.71	0.28		0.50	0.40		0.41	0.48	
	2	0.4	1.04	0.60	0.67	0.73	0.86	1.26	0.60	1.05	1.93
	3	0.6	1.28	0.83	(0.58)*	0.90	1.17	(1.16)*	0.74	1.49	(1.72)*
	4	0.8	1.48	1.00		1.05	1.33		0.86	1.66	
5	1	0.2	0.71	0.28		0.50	0.40		0.41	0.48	
	2	0.4	1.04	0.60	0.67	0.73	0.86	1.26	0.60	1.05	1.93
	3	0.6	1.28	0.83	(0.58)*	0.90	1.17	(1.16)*	0.74	1.49	(1.72)*
	4	0.8	1.48	1.00		1.05	1.33		0.86	1.66	

* หมายถึง ค่าความเร่งในการกลิ้งบนพื้นเอียง ตามทฤษฎีคำนวณจากสมการ $a = \frac{2}{3} g \sin\theta$

จากตาราง 6 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง ศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง พบว่า เมื่อพื้นเอียงทำมุม 5 องศากับแนวระดับ ความเร่งบนพื้นเอียงมีค่าเท่ากับ 0.67 m/s^2 พื้นเอียงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ พบว่ามีความเร่งเท่ากับ 1.26 m/s^2 และ พื้นเอียงทำมุม 15 องศากับแนวระดับ พบว่ามีความเร่งเท่ากับ 1.93 m/s^2

รายละเอียดการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จากข้อมูลการทดลอง เปรียบเทียบกับความเร่งที่คำนวณจากทฤษฎี ให้เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แสดงรายละเอียด (ในภาคผนวก ช)

ตาราง 7 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การทดสอบครั้งที่	การกระจัด (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)
1	0.2	0.16	1.25	11.1
	0.4	0.24	2.50	
	0.6	0.30	3.33	
	0.8	0.35	4.00	
2	0.2	0.16	1.25	11.1
	0.4	0.24	2.50	
	0.6	0.30	3.33	
	0.8	0.35	4.00	
3	0.2	0.16	1.25	11.1
	0.4	0.24	2.50	
	0.6	0.30	3.33	
	0.8	0.35	4.00	
4	0.2	0.16	1.25	11.1
	0.4	0.24	2.50	
	0.6	0.30	3.33	
	0.8	0.35	4.00	
5	0.2	0.16	1.25	11.1
	0.4	0.24	2.50	
	0.6	0.30	3.33	
	0.8	0.35	4.00	

จากตาราง 7 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยการหาค่าความเร่งของลูกกลมเหล็กที่ตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก พบว่า เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กในแต่ละช่วง ของการเคลื่อนที่ เวลาจะลดลงเรื่อย ๆ และความเร็วของลูกกลมเหล็กจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา และการกระจัด ตามความสัมพันธ์จากสมการ $S = Vt - \frac{1}{2}gt^2$ เพื่อหาความเร่ง g ที่ได้

จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง พบว่า ค่า g มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.1 m/s^2 (ค่าจริงของ g = 9.8 m/s^2) ซึ่งคลาดเคลื่อนจากค่าความเป็นจริง เท่ากับ 1.3 หรือ คิดเป็น 13.2 เปอร์เซ็นต์ ดังตัวอย่างการคำนวณ (ในภาคผนวก ช)

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพชุดทดลองและคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5ท่าน การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ด้านที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	4.80	3.80	4.80	4.80	4.40	4.52	0.43	ดีมาก
2. ลักษณะการใช้งาน	5.00	3.83	5.00	4.83	4.33	4.60	0.50	ดีมาก
3. การบำรุงรักษา และการซ่อมแซม	4.75	4.00	4.00	5.00	4.00	4.35	0.48	ดี
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน	5.00	4.80	5.00	5.00	3.20	4.60	0.78	ดีมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.89	4.11	4.70	4.91	3.98	4.52	0.58	ดีมาก

จากตาราง 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง พบว่าคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.52 จาก 5.00 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

อนึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง และได้นำคู่มือการใช้ชุดทดลองไปประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 9 แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

รายการที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน	4.60	4.70	5.00	5.00	3.30	4.52	0.70	ดีมาก
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู	4.40	4.20	4.80	5.00	3.20	4.32	0.70	ดี
ภาพรวมเฉลี่ย	4.50	4.45	4.90	5.00	3.25	4.42	0.70	ดี

จากตาราง 9 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง พบว่า คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียน และครู โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.42 จาก 5.00 อยู่ในระดับดี

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากคำถามปลายเปิดของแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง และคู่มือการใช้ชุดทดลองของนักเรียน และครู สรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
   - 1.1 ควรปรับตัววัดมุมใหม่ อาจจะใช้ลูกดิ่งเข้าช่วยก็ได้
   - 1.2 ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็น 12 โวลต์เหมือนกันทั้งชุด
   - 1.3 ลดแรงเสียดทานโดยใช้น้ำมันหล่อลื่น
   - 1.4 ควรปรับระยะเซนเซอร์
   - 1.5 สวิตซ์ตัวปล่อยควรแยกออกจากตัวราง
   - 1.6 ควรเพิ่มตัวยึดแกนรางเอียงให้มากขึ้น
   - 1.7 ควรทำกล่องบรรจุให้เรียบร้อย
   - 1.8 ตัวยึดที่เป็นตัวปรับความชันของแกนรางเอียงควรใส่สปริงรองรับ
   - 1.9 ควรใช้วัตถุรูปสี่เหลี่ยมแทนลูกกลมเหล็ก
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู
   - 2.1 คำอธิบายภาพประกอบชุดทดลองควรใช้อักษรตัวใหญ่ให้อ่านง่าย
   - 2.2 วิธีติดตั้งควรมีภาพประกอบให้ชัดเจน

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เกณฑ์ 80 / 80

ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองจากการทดลองโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 10 แสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

การทดลอง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในแนวตรง	10	8.40	84.00
2. การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง	10	8.13	81.30
3. การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง	10	8.00	80.00
4. การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	10	8.00	80.00
5. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา	10	8.33	83.30
รวม	50	40.86	81.73

จากตาราง 10 พบว่านักเรียนทำการทดลองทุกกิจกรรมการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.73 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และนักเรียนสามารถทำการทดลองย่อยทุกการทดลองได้ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	ประสิทธิภาพของชุดทดลอง	ร้อยละ
1. แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง	50	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบแบบฝึกหัดท้ายการทดลองได้ถูกต้อง	81.73 (E_1)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบได้ถูกต้อง	80.43 (E_2)

จากตาราง 11 พบว่าร้อยละของคะแนนจากการตอบแบบฝึกหัดท้ายการทดลองต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ 81.73 / 80.43 สรุปว่าประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80 / 80

ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง

อนึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงจากคะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนด้วย เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 12

ตาราง 12 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

ด้านที่วัดผลสัมฤทธิ์	คะแนนสอบก่อนเรียน N=15		คะแนนสอบหลังเรียน N=15		t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ความรู้ความจำ (5 ข้อ)	2.33	1.49	5.33	0.81	7.052**	.000
1. ความเข้าใจ (7 ข้อ)	2.00	1.19	3.53	0.83	5.002**	.000
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (10 ข้อ)	5.67	1.83	8.33	0.81	5.617**	.000
3. การนำไปใช้ (8 ข้อ)	3.67	1.87	6.93	1.09	6.064**	.000
รวม 30 ข้อ	13.67	3.73	24.13	2.06	11.927**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 12 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนและหลังการเรียน ผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (p = .000) ในทุกด้านของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละด้านทั้งด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้สูงขึ้น

ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ย ในแต่ละด้านจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน

ด้านที่วัดเจตคติ	คะแนนเจตคติ ก่อนเรียน N=15		คะแนนเจตคติ หลังเรียน N=15		t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง (10 ข้อ)	36.53	3.56	43.46	2.35	6.640**	.000
2. ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง (10 ข้อ)	39.46	4.06	44.60	2.32	6.856**	.000
3. ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง (10 ข้อ)	37.53	3.66	43.40	2.84	10.649**	.000
รวม 30 ข้อ	113.53	9.47	131.60	6.37	9.369**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 13 คะแนนเฉลี่ยของผลการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนการเรียน และหลังการเรียน ผลการเปรียบเทียบเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (p = .000) และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างในด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำชุดทดลองไปศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80 / 80
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
4. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1.1 กำหนดวัสดุ – อุปกรณ์ ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1.2 สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียน และครู

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2.1 สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง และแบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู

2.2 ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงตามเกณฑ์ 80 / 80

3.1 นำชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ทดลองใช้ในการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน โดยใช้เวลาสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง จากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน และจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ตามเกณฑ์ 80 / 80

3.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลอง ก่อนและหลังการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยผู้วิจัยทดลองใช้ชุดทดลอง การทดลองละ 5 ครั้ง ให้ได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

2. ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยการหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

3. หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามเกณฑ์ 80 / 80 จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองได้ถูกต้อง และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ถูกต้องตามเกณฑ์ 80 / 80

4. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจากชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยใช้สถิติ t – test แบบ Correlated samples or dependent samples

5. วิเคราะห์เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง ด้วยคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้สถิติ t –test แบบ Correlated samples or dependent samples

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สรุปได้ดังนี้

ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สามารถใช้ทดลอง และให้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ดังนี้

การศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง พบว่าความเร่งของวัตถุบนพื้นเอียงในแต่ละกรณี มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร่งตามทฤษฎี ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ ของนิวตัน

การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยการหาค่า g ของโลกที่กระทำต่อวัตถุ จากการทดลองทั้ง 5 ครั้งพบว่า ความเร่งของวัตถุจะมีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ซึ่งค่าที่คำนวณได้เท่ากับ 11.1 เมตรต่อวินาที^{2} ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ตามสมการ $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

2. การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

2.1 คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน อยู่ในระดับดีมาก

2.2 คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สำหรับนักเรียนและสำหรับครูอยู่ในระดับดี

3. นำชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงไปทดลองสอน เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษา พบว่า ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงมีประสิทธิภาพ 81.73 / 80.43 ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในระหว่างเรียน ในแต่ละการทดลอง พบว่า ทั้ง 5 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่ในแนวตรง การทดลองที่ 2 การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง การทดลองที่ 3 การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง การทดลองที่ 4 การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และการทดลองที่ 5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 84.00 , 81.30 , 80.00 , 80.00 และ 83.30 ตามลำดับ

4. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เมื่อนำชุดทดลอง ไปทดลองสอนกับนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงก่อนและหลังเรียน พบว่า มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (P = .000) เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในแต่ละด้าน ทั้งด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน สูงขึ้นในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. การศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลองเฉลี่ยหลังเรียน สูงกว่า เจตคติเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (P = .000) เมื่อพิจารณาเจตคติต่อชุดทดลองในแต่ละด้าน ทั้งด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง หลังเรียนสูงขึ้นในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1.1 การสร้าง โดยการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ และ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้าง ร่วมกับช่างเทคนิคเฉพาะทาง โดยการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง ผู้วิจัยปรึกษาประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข ซึ่งในการสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง พบปัญหาและอุปสรรค ในการสร้างดังนี้

ครั้งที่ 1 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 - 90 องศา ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ และชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพบปัญหาอุปสรรคในการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

1) ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วและหาได้ง่าย ซึ่งได้แก่ ไม้ เมื่อนำมาสร้างและประกอบเป็นชุดแกนรางเอียง ไม่สามารถจะเจาะรูตามที่ต้องการได้ เพราะไม้แตกแยกออกจากกัน และมีแรงเสียดทานมาก มีความทึบแสง ไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่เคลื่อนที่ในรางด้านข้างได้ จึงไม่เหมาะสม

2) ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ พบปัญหาในการบัดกรีวงจร 7 – Segment ซึ่งมี 8 ขาและแต่ละจุดค่อนข้างเล็ก จะทำให้เสียเวลานานมาก จึงต้องอาศัยความชำนาญในการบัดกรีวงจร เป็นพิเศษ และในการวางแผนการใช้สูตรในการคำนวณ เพื่อให้เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ แสดงผลออกมาให้ถูกต้องตามที่เราต้องการ แต่ในการทดสอบโดยการใช้งาน ปรากฏว่า เครื่องแสดงผลออกมาไม่ถูกต้อง และแสดงผลได้เพียงทศนิยม 1 ตำแหน่ง และไม่มีการปัดเศษจุดทศนิยม เป็นผลให้การแสดงข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนมาก ต้องปรับปรุงแก้ไข

ครั้งที่ 2 ดำเนินการปรับปรุงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงจากครั้งที่ 1 โดยการออกแบบและกำหนด วัสดุอุปกรณ์ใหม่ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด ในลักษณะการใช้งาน และรูปแบบกระทัดรัด สวยงาม ใช้งานได้สะดวก ถูกต้อง และสามารถถอดได้ประกอบได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1) ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศากับแนวระดับ ใช้หลักการออกแบบเหมือนเดิม แต่เปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ใหม่บางส่วน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งใช้แกนเป็นเหล็กกลมกลวง และรองรับน้ำหนักได้ ทำให้เกิดความสมดุล และตัวรางเป็นพลาสติกใส เมื่อสร้างและประกอบเป็นชุดทดลองแล้วสามารถนำไปใช้ทดลองได้ ดูขนาดกระทัดรัด สวยงามมีความเหมาะสมมากกว่าครั้งแรก

2) เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุนั้น ปรับปรุงในส่วนที่ผิดพลาดในการแสดงผลของความเร็ว และการแสดงผลจุดทศนิยม โดยการแก้ไขที่การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปอัดในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ถูกต้อง โดยผู้วิจัยทดสอบการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการแสดงผลเบื้องต้น และนำไปทดสอบในการจับเวลากับนาฬิกาจับเวลามาตรฐาน ปรากฏว่าผลที่ได้ตรงกัน แสดงว่าเครื่องจับเวลานี้สามารถนำไปใช้งานได้

3) เมื่อนำชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ มาประกอบกันเป็นชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ปรากฏว่าพบปัญหาอีกประการหนึ่ง คือ จุดวางตำแหน่งของไดโอดอินฟราเรด หรือตัวที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ด้านข้างของแกนรางเอียง ไม่เหมาะสม ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข และสามารถนำไปใช้ทดลองได้

เมื่อดำเนินการพัฒนา และปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ยังบกพร่องแล้ว นำชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ไปหาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เพื่อศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง และศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก หรือการหาค่า g ของโลกนั่นเอง โดยการพิจารณาจากผลการทดลอง การทดลองละ 5 ครั้ง ให้ได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษาความเร่งบนพื้นเอียง จากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้งให้ผลการทดลองสอดคล้องกัน คือ ความเร่งบนพื้นเอียงในแต่ละกรณีจากการคำนวณจากข้อมูลของการทดลองและข้อมูลจากทฤษฎีพบว่า เมื่อเปรียบเทียบความเร่งจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าที่ได้จากการทดลองมากกว่าจากทฤษฎีเล็กน้อย อาจจะมีสาเหตุมาจากชุดทดลองมีแรงเสียดทานด้วยส่วนหนึ่งนั่นเอง จากการทดลองได้เปรียบเทียบความเร่งในกรณีมุมของพื้นเอียงแตกต่างกัน โดย ในการกลิ้งของวัตถุกลมลงมาตามพื้นเอียง ความเร่งเกิดขึ้นจากส่วนหนึ่งของแรงดึงดูดของโลกอีกส่วนหนึ่งมาจากการชดเชยแรงเสียดทานของพื้นเอียง ถ้าพื้นเอียงชันมาก แรงส่วนนี้จะยิ่งมากขึ้น ดังนั้นความเร่งของวัตถุจะมากขึ้นด้วย จะเห็นได้จากภาพการแตกแรงในองค์ประกอบในแนวแกนระดับและในแนวแกนดิ่งของวัตถุที่มุมต่าง ๆ (ภาคผนวก ช) แรงที่ทำให้วัตถุเกิดความเร่งในแต่ละกรณีแตกต่างกัน เช่น กรณีมุมของพื้นเอียงทำกับแนวระดับ 5 องศา ค่าความเร่งของวัตถุจะน้อยกว่ากรณีมุมของพื้น

เอียงทำมุม 10 และ 15 องศา เนื่องจากแรงในองค์ประกอบแกนระดับมากกว่าแกนดิ่งนั่นเอง ความเร่งที่เกิดขึ้นนี้ ส่วนหนึ่งมาจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ อีกส่วนหนึ่งมาจากการชดเชยแรงเสียดทานของพื้นเอียง ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามทิศทางของแรงลัพธ์ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน กล่าวว่า "อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเทียบกับเวลา ของอนุภาคอันหนึ่งเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงที่กระทำต่ออนุภาคนั้น และอัตราการเปลี่ยนทิศของโมเมนตัมจะอยู่ในทิศของแรงนั้น" หรือ กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า วัตถุจะมีความเร่งได้ก็ต่อเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ โดยความเร่งที่เกิดขึ้นจะต้องมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์เสมอ และได้มาจากการทดลอง เนื่องจากแรงจะแปรผันตรงกับค่าความเร่ง จากกฎข้อที่ 2 ของ นิวตันตามสมการ $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษา การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยการหาค่า g ของโลกที่กระทำต่อวัตถุ ผลการทดลองทั้ง 5 ครั้งได้ผลสอดคล้องกัน คือ ความเร่งที่ได้จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง จะคงที่ตลอดเส้นทางการเคลื่อนที่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ามีความเร่งเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลก เมื่อพื้นเอียงมีความชันสูงสุด คืออยู่ในแนวดิ่ง ความเร่งจะเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกอย่างเต็มที่ ในกรณีนี้วัตถุจะตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่ของวัตถุในลักษณะนี้วัตถุจะมีความเร่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ซึ่งค่าความเร่งนี้จะแทนด้วย ค่า g ซึ่งในการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.1 เมตรต่อวินาที^{2} ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} ผลการทดลองมีค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงประมาณ 13.2 เปอร์เซ็นต์ และปัญหาที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนนี้ อาจจะมีสาเหตุมาจาก แรงต้านทานของอากาศ จุดที่ปล่อยวัตถุเป็นแบบแม่เหล็กไฟฟ้า อาจจะมีแรงแม่เหล็กเหลืออยู่ในขณะที่วัตถุตก และที่จุดตรวจจับวัตถุแต่ละจุด ลำแสงของตัวรับ ตัวส่งจากไดโอดอินฟราเรดจะมีความกว้างของลำแสงไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ และอีกประการหนึ่ง เพราะว่าความละเอียดของตำแหน่งจุดทศนิยมของเครื่องจับเวลาแสดงผลได้เพียง 2 ตำแหน่ง ถึงแม้ว่าจะมีการปัดจุดทศนิยมตำแหน่งที่สามก็ตาม ซึ่งตามความเป็นจริงจะต้องใช้จุดทศนิยมละเอียดถึง 5 ตำแหน่ง ค่าที่ได้จะใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด จากผลการทดลองก็สามารถยอมรับได้ สรุปได้ว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการทำงาน ได้ตามกฎการเคลื่อนที่ สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนในการสอนเสริมบทเรียนของวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงได้ และยังช่วยกระตุ้นและเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในบทเรียนนั้น ๆ

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จากการทดสอบและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

2.1 คุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.52 อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

2.1.1 ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีการออกแบบชิ้นส่วน มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด สามารถประกอบได้ง่าย ดึงดูดและเร้าความสนใจ มีความแข็งแรงทนทานอยู่ในระดับดีมาก ในขณะที่ทำการทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจนและการออกแบบอยู่ในระดับดี

2.1.2 ด้านลักษณะการใช้งาน การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวกและมีความคล่องตัวในการใช้ และปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับดีมาก ประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลอง ความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดีมาก

2.1.3 ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น ๆ และสะดวกต่อการใช้ และการเก็บรักษาอยู่ในระดับดีมาก ส่วนการจัดหาอุปกรณ์สามารถจัดหาได้ง่ายอยู่ในระดับดี

2.1.4 ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ผลการประเมินผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง นักเรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้อยู่ในระดับดีมาก ส่วนการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

2.2 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.42 โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน ในส่วนของเนื้อหาในใบความรู้ และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง เอกสารรายงานการทดลองและคำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ส่วนการเรียงกิจกรรมในวิธีทดลองและกิจกรรมทำให้เกิดความคิดรวบยอด เป็นกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครูอยู่ในระดับดี ทุกข้อ

จากการตอบแบบสอบถามแบบปลายเปิดของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นและข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดทดลองในการปรับปรุงชุดทดลองดังนี้ ควรปรับปรุงตัววัดมุมใหม่โดยใช้ลูกดิ่งเข้าช่วย ควรปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกันทั้งชุด อาจจะลดแรงเสียดทานโดยใช้น้ำมันหล่อลื่น ในภาพรวมชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนได้เป็นอย่างดี มีความแข็งแรง เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คู่มือการใช้ชุดทดลอง สำหรับครูและนักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เข้าใจง่าย มีความชัดเจน ทำให้ผู้สอนมีความมั่นใจในการเรียนการสอน สรุปได้ว่า ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่สร้างขึ้น มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

3. จากการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในการเรียนการสอน ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้ชุดทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 81.73 / 80.43 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการดังนี้

ประการแรก อาจเนื่องมาจากการออกแบบชุดทดลองที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงและการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและหลักการของการเคลื่อนที่ในแนวตรง ใช้การฝึกทักษะการทดลองและจัดกระทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง เพื่อเป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้และฝึกให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเองจากการปฏิบัติจริง ตลอดจนทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในระหว่างเรียนจากง่ายไปยากเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับสูงต่อไป และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิน โรจน์ประเสริฐ (2542 : 65) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อ และในการเรียนการสอนแต่ละครั้งควรจัดกิจกรรม หรือวิธีการประเมินผล

จากแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เพื่อให้รู้ถึง ผลการเรียนว่าประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด และ สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541 : 103) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแก่นของความคิดได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรง และทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ เป็นสื่อเชื่อมโยงระหว่าง นามธรรม ไปสู่รูปธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่า และประโยชน์ขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

ประการที่สอง ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ได้สร้างและพัฒนามาจากพื้นฐานการทดลองของผู้วิจัยเอง ซึ่งได้คำนึงถึงความเหมาะสมในการทดลองในหลาย ๆ ด้าน เช่น ระดับชั้นของนักเรียน เวลาที่ใช้ในการทดลอง กิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตลอดจนข้อจำกัดเชิงระบบของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่าง ๆ ในระดับสูงต่อไป ตลอดจนเกิดความสะดวกในการจัดกระทำข้อมูล และการใช้ชุดทดลองในการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวตรง ทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ประการที่สาม ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง พัฒนาขึ้นมาให้สอดคล้องกับสภาพการเรียนการสอนในปัจจุบัน โดยอาศัยสื่อการเรียนการสอนในการถ่ายทอดความรู้ ไปสู่นักเรียน นักเรียนได้ทำการปฏิบัติการทดลองและทราบข้อมูลจากชุดทดลองจริง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว ชัดเจนตามหลักการ และทฤษฎีที่กำหนดสอดคล้องกับ กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 88) กล่าวว่า สื่อเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยาก ได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ สื่อช่วยกระตุ้นความสนใจ ทำให้เกิดความสนุกสนาน ไม่รู้สึกเบื่อหน่าย

ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาทั้งหมด ทำให้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความเหมาะสมที่จะนำไปเป็นสื่อการเรียนการสอนเสริมบทเรียนได้

4. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนจากชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (p = .000) ในทุก ๆ ด้านที่วัด คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านลักษณะการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งการประเมินมีความเห็นโดยภาพรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีมาก อีกทั้งชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ได้ผ่านการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ 80 / 80 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน จึงถือได้ว่าชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาติชาย ม่วงปฐม (2531 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์ –มุลเลอร์ ที่สร้างขึ้น และนำหัววัดรังสีไปใช้ประกอบการสอน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการสาธิตประกอบคำบรรยายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ภาพประกอบการบรรยาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรวดี มโนพญา (2544 : 120) ที่พบว่า ชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ประการที่สอง การเรียนจากชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เป็นการเรียนจากสื่อที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาในอีกรูปแบบหนึ่ง และเป็นสื่อที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย จากการสังเกตของผู้วิจัยในขณะที่ให้นักเรียนทำการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ มีความกระตือรือร้นที่จะทำการทดลอง อยากรู้อยากเห็น และซักถามรายละเอียดเกี่ยวกับชุดทดลอง อาจสืบเนื่องมาจากนักเรียนไม่ค่อยมีโอกาสได้เรียนรู้จากชุดทดลองในลักษณะนี้ ซึ่งในการเรียนจากชุดทดลองนั้น นักเรียนจะปฏิบัติตามขั้นตอน เป็นการปฏิบัติการอย่างมีระบบมีขั้นตอน และสังเกตผลข้อมูลได้จริง นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเรียนรู้ และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การทดลอง การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจสูงขึ้น ดังที่ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541 : 11) กล่าวว่า การที่ผู้เรียนมีบทบาทมาเป็นผู้กระทำจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างมีชีวิต ชีวา ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับคำกล่าวของ ภพ เลาหไพบูลย์ (2537 : 205) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการสอนว่า การใช้สื่อการสอน จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน สื่อสามารถตอบสนองต่อการจัดการเรียนการสอน คือสื่อให้ประสบการณ์ตรง สื่อมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนอย่างยิ่ง

ประการที่สาม ชุดทดลองเป็นสื่อของจริง ทำให้เกิดการเร้าความสนใจที่เป็นรูปธรรม เห็นและสัมผัสได้ทุกชิ้นส่วนประกอบ จึงทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาเชื่อมโยงกับการประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ข้อสังเกตของ ธนิต บุญใส (2533 : บทคัดย่อ) ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนในภาคปฏิบัติ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประกอบการเรียน ภาคปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจอย่างถูกต้อง เห็นจริงตามทฤษฎีที่ได้เรียนไป

สรุปได้ว่า ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมา พบว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนจากชุดทดลองนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ รวมทั้งได้มีการทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองให้มีคุณภาพ ทำให้ชุดทดลอง มีความเชื่อมั่นและมีประสิทธิภาพเพียงพอที่นำไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอนเสริมบทเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงได้

5. เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จากผลการวิจัยพบว่า เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 อาจเนื่องมาจาก ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีความแปลกใหม่สำหรับนักเรียนในระดับชั้นนี้ และง่ายต่อการทำการทดลอง ไม่ยุ่งยากในการจัดกระทำข้อมูล เป็นสื่อที่เน้นผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นที่จะทำการทดลอง ได้สัมผัสได้เรียนรู้จากสื่อที่เป็นของจริง สื่อนี้ไม่มีอันตรายขณะที่ปฏิบัติการทดลอง จึงรู้สึกปลอดภัย นักเรียนสามารถจะสังเกตเห็นผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพความเชื่อมโยงของเนื้อหาตามทฤษฎี และจากผลการทดลองสอดคล้องกัน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล จงสุพรรณพงศ์ (2543 : 105) ที่ศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ อยู่ในระดับดี ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และงานวิจัยของ ศิริเพ็ญ จึงตระกูล

(2542 : 174) ได้ศึกษาเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับคำกล่าวของ กิลฟอร์ด (Guilford. 1956 : 657) เจตคติเป็นอารมณ์หรือความรู้สึกที่ทุกคนมีในระดับที่แตกต่างกัน เจตคติจะผลักดันให้บุคคลตอบสนองต่อวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในทางที่พอใจหรือไม่พอใจ

สรุปได้ว่าชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีความเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนเสริมในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไปเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงไปใช้ควรศึกษาวิธีการใช้ โดยศึกษาจากคู่มือการใช้ชุดทดลองให้เข้าใจก่อน และควรจะตรวจสอบระบบการทำงานของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงตามคู่มือหรือจุดประสงค์ของผู้นำชุดทดลองไปใช้

2. ก่อนดำเนินการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนในแนวตรงควรปรับพื้นฐานนักเรียน เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ และการใช้หน่วย การเปลี่ยนหน่วย ตลอดจนปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ และข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะได้เข้าใจถูกต้อง

3. ขั้นตอนการสร้าง การออกแบบ และการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ควรจะวางแผนให้รอบคอบ และชัดเจน จะได้ไม่ทำให้เสียเวลามาก

4. อุปกรณ์บางชิ้นที่ไม่สามารถสร้างเองได้ ต้องอาศัยช่างเทคนิคเฉพาะทาง ผู้วิจัยควรจะประสานแนวคิด หลักการ และความถูกต้องให้ชัดเจน จะทำให้ประหยัดทั้งเงิน และเวลา

5. จากงานวิจัยนี้ วัตถุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ลูกกลมเหล็ก ที่เลือกใช้เพราะลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ แต่จะมีการกลิ้งของวัตถุในขณะที่เกิดการเคลื่อนที่ด้วย ซึ่งจะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการทดลองและความเข้าใจที่ถูกต้องของนักเรียน ควรใช้วัตถุรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรงของจุดศูนย์กลางมวล อย่างเดียวโดยไม่มีการกลิ้งเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่จะวัดค่าแรงเสียดทานค่อนข้างยาก

6. การสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ควรทำการปรับปรุง ส่วนที่ยังบกพร่องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ และวิทยาศาสตรศึกษา ที่ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะดังนี้

6.1 ควรปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็น 12 โวลต์เหมือนกันทั้งชุด

6.2 ควรปรับระยะเซนเซอร์

6.3 ควรจะแยกสวิตซ์ตัวปล่อยออกจากตัวราง

6.4 ควรทำกล่องบรรจุให้เรียบร้อยจะได้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

6.5 ควรใช้เลนส์รวมแสงที่ไดโอดอินฟราเรดจะได้ทำให้ขนาดความกว้างของแสงมีขนาดเท่ากัน และขณะทดลองในการวัดระยะห่างของแสงจากไดโอดอินฟราเรดแต่ละชุดควรใช้กระดาษเรืองแสงช่วยและควรทดลองในห้องมืด จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

7. จุดเด่นของงานวิจัยนี้ สามารถที่จะนำชุดทดลองนี้ไปใช้สอนในระดับปริญญาตรี ในเรื่องการกลิ้งของวัตถุกลม และพลังงานในการกลิ้งได้ ส่วนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีขอบเขตเนื้อหาเรื่องการกลิ้งของวัตถุค่อนข้างน้อย จึงควรนำไปใช้สอนเสริมบทเรียน และสามารถนำไปเป็นต้นแบบในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยใช้ศึกษาเรื่องอื่น ๆ เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โมเมนตัม สมดุล พลังงาน แรงเสียดทาน พื้นเอียง เป็นต้น

2. ควรศึกษาผลการทดลองใช้ชุดทดลองศึกษากับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินพฤติกรรมกลุ่มโดยการประเมินตามสภาพจริง เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). *จิตวิทยาการศึกษาฉบับปรับปรุงใหม่* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ภาควิชาการ.

กรมวิชาการ. (2533). *หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533).* กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

----------. (2536). *สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีการศึกษา 2536.* กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2540). *ผลการดำเนินงานกรมสามัญศึกษาในรายงานประจำปี 2539* กรุงเทพฯ : กรมสามัญศึกษา.

----------. (2540). *สรุปผลการอภิปรายเรื่อง แผนพัฒนาการศึกษาศาสนาและวัฒนธรรมระยะที่ 8 (2540 – 2544) กับการปฏิรูปการศึกษา.* กรุงเทพฯ : กรมสามัญกระทรวงศึกษาธิการ.

กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล. (2540). *การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.* วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

จิตรารมภ์ ทองนิ่ม. (2530). *มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การสอนฟิสิกส์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม. (2539). *การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรดิจิตอล.* วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

จิรพรรณ์ ทะเขียว. (2543). *การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

เฉลี่ยว มณีเลิศ. (2541). *ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย 1 กลศาสตร์.* ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยรังสิต.

ชวาล แพรัตกุล. (2520). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ.* กรุงเทพฯ : พิทักษ์อักษร.

ชาติชาย ม่วงปฐม. (2531). *การศึกษาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์มุลเลอร์ที่สร้างจากวัสดุภายในประเทศและเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องกัมมันตภาพรังสีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้หัววัดรังสีประกอบการสอน.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

โชค สาลีฉัน. (2534). *เทคโนโลยีพื้นฐานการประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

----------. (2541). *เทคโนโลยีพื้นฐานการสร้างสื่อการสอน* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). *เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักการและแนวปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ไชยยันต์ ศิริโชติ. (2541,มีนาคม - เมษายน). "การใช้ ADC ร่วมกับคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลจากการวัด" *วารสารวิทยาศาสตร์* สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในบรมราชูปถัมภ์ปีที่ 52 (2) : 79.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ธงชัย ชิวปรีชา. (2526). *ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ทดแทนในเอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 8 - 15.* หน้า 17 – 272 นนทบุรี : สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ธนกาญจน์ ภัทรากาญจน์ และคณะ. (2525). *ฟิสิกส์ระดับต้น* กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า.

ธนพรรษ เหมเชื้อ. (2542). *การพัฒนาออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ขาวดำเพื่อใช้แสดงสัญญาณคลื่นทางไฟฟ้าประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ธนิต บุญใส. (2533). *การสร้างและทดลองเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดประลองวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร.* วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

นิคม ทาแดง. (2526). *เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษาที่มีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา.* กรุงเทพฯ : พิฆเณศ.

นิพนธ์ สุขปรีดี. (2521). *นวตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ : พิฆเณศ.

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

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2520). *ทัศนคติ : การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย* กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ประภาภรณ์ มูลแสดง. (ม.ป.ป.). *เอกสารประกอบการสอนพฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษา 1.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ประมวล ศิริผันแก้ว และคนอื่น ๆ.(ม.ป.ป.). *การสร้างสื่อการสอนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์โดยใช้วัสดุในท้องถิ่นของภาคตะวันออก.* รายงานผลการวิจัย ปีงบประมาณ 2522.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *"หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่,"* ในเอกสารนิเทศการศึกษาฉบับที่ 233 : หน่วยศึกษานิเทศก์. กรุงเทพฯ : กรมฝึกหัดครู.

ปิยชาติ โชคพิพัฒน์. (2536,มกราคม). " ความร่วมมือทางวิชาการระหว่างสำนักพัฒนาเทคนิคกับ IT," *พัฒนาเทคนิคศึกษา.* 6(5) : 9.

พรวดี มโนพญา. (2545). *การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ .

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *"วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์"* พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2540). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์) มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และทวีศักดิ์ แก้วชืม. (2521). *ฟิสิกส์ 1* กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ.

ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา.* กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

----------. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

มงคล จงสุพรรณพงศ์. (2543). *การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มนตรี แย้มกสิกร. (2526). *การใช้เทคโนโลยีทางการสอนในห้องเรียน* สงขลา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา.

มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). *ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนมติ ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

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

ราชบัณฑิตยสถาน. (2525). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พ.ศ. 2525.* กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

รุ่ง แก้วแดง. (2542). *ปฏิวัติการศึกษาไทย.* พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

----------. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ* กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว).

วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530). *การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะวิชาครุศาสตร์วิทยาลัยสวนสุนันทาสหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์.

วาสนา ชาวหา. (2522). *เทคโนโลยีทางการศึกษา.* ชลบุรี : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

----------. (2524). *เอกสารประกอบการสอนเทคโน 330 การทำอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย.* คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ถ่ายเอกสาร.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). *พลังการเรียนรู้ในกระบวนทัศน์ใหม่.* พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิทยากร เชียงกูล. (2541). *รายงานสภาวะการศึกษาไทยปี 2540.* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

วิมาน วรรณดำ. (2542). *รายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับมัธยมศึกษา เขตการศึกษา 11 ปีการศึกษา 2540.* นครราชสีมา : สำนักพัฒนาการศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม เขตการศึกษา11.

แววตา ตันวัฒนกุล. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านมโนมัติทางฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเอง มีแผ่นโปร่งใสซ้อนภาพประกอบการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วันชัย ศศิสกุลพร. (2540). *การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า* สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. วิทยานิพนธ์. คอ.ม. (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541).*การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.*กรุงเทพฯ : ต้นอ้อ1999.

ศิริเพ็ญ จึงตระกูล. (2542). *การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2536). *หลักกลศาสตร์พื้นฐานทางกีฬา* ดุรุศาสตร์(พลศึกษาและสุขศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). *มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

----------.(2526) . *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

---------- .(2534). *คู่มือครูฟิสิกส์เล่ม 2 มัธยมศึกษาตอนปลาย.* กรุงเทพฯ : ดุรุสภาลาดพร้าว .

---------- .(2535). *หนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์เล่ม 2 (ว 021) ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ดุรุสภาลาดพร้าว.

----------. (2541). *หนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ 1(ว 422) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ดุรุสภาลาดพร้าว.

สนอง ทองปาน. (2537). *การศึกษาผลการใช้เครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่พัฒนาขึ้นในการสอนอัดขยายภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2526). *การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

----------. (2541). *เอกสารคำสอน วิชา กว. 571 ประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมนึก บุญพาไสว. (2534, มกราคม –มีนาคม). "การแก้ปัญหากับมโนมติในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ," *วารสาร สสวท.* ปีที่ 45 (3) : 19.

สมบัติ การสมศาสตร์. (2531). *เอกสารประกอบการสอน ฟส 211* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

สมพงษ์ ใจดี. (2542). *ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 1* พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว และ คณะ . (2526). *ฟิสิคัลอิเล็กทรอนิกส์.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). *ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ พ.ศ. 2543.* กรุงเทพฯ : บริษัท เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ปจำกัด.

----------. (2539). *สำนักงานแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 –2544).* กรุงเทพฯ : อรรถพลการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน. (2534). *นวัตกรรมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : การศาสนา.

สิปปนนท์ เกตุทัต. (2541*). การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องวิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ. 2000.* กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.

สุโชติ ดาวสุโข และสาโรจน์ แพ่งยัง. (2535). *คู่มือสื่อการสอน.* กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพจน์ ศุภกุล. (2537). *เอกสารคำสอนกระบวนการวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา.* เชียงใหม่ : ภาควิชามัธยมศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528 *). เทคโนโลยีทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อดิศร มณีศิริ. (2537). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกสร้างความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

Dale Edgar. (1969). *Audio Visual Methods in Teaching.* New York : Dryden Press.

Doran,Rodney L. et al. (1993,September). "Alternative Assessment of High School Labboratory Skills," *Journal of Research in Science Teaching.* 30(9) : 1121 – 1131.

Douglas,Macbeth. (1998,December). "On an Actual Apparatus for Conceptual Cange," *Science Education.* 841 (2) : 228 – 255.

Erickson, W.H. (1984). *Administering Programmed Instructional Media* New York : Macmillan Company.

Gwyneth Marsh,Tessa Parkers andCarol Boutter.(2001,June). "Children's Understanding of Scale – the Use of Miroscopes," *School Science Review.* 82 (301) : 27 – 31.

Jacky Moran and Susan Vaughan. (2000,December). "Introducing CASE Methodology at Key Stage 4 : an Example of Bridging," *School Science Review.* 82 (299) : 47 – 55.

Kindeer , James Screnge. (1959). *Audio – Visual Materials and Techniques.* New York : American Book Company.

Louis A Bloomfield . (2001). *How Things Work : The Physics of Everyday Life* 2nd ed. New York : American Book Company.

Pappelis,C.K.,Pohlmann and A.J.Pappe His. (1980,January). "Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Predental Students," *Journal of Research in Science Teaching.* 17(1) : 25 - 29.

Scharmann, Lawrence C. (1989 , November). " Developmental Influences of Science Process Skill instruction," *Journal of Research in Science Teaching.* 26 (11) : 715 –726 .

Sharma R. C. (1982). *Modern Science Teaching* 3 rd ed., Delhi : Neveen Shahdarn, D.R. Printing Service.

Spain Catherine. (1971, March). "A Servey of Science Education in Secondary Schools of Northern Nigeria," : *Science Education.* 55 (3) : 285 – 290 .

Widden,Marvin Frank. (1973,January). "A Product Evalution of Science a Process Approach," *Dissertion Abstracts International.* 37 (7) : 3583 - A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญด้านชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

1. อาจารย์ ดร. สนอง ทองปาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

2. อาจารย์ ดร. วิชาญ เลิศลพ หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร

3. อาจารย์ รังสรรค์ ศรีสาคร สาขาวิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร

4. อาจารย์ อนันต์ ฟักกระโทก หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) โรงเรียนคลองไผ่วิทยา กรมสามัญศึกษา จังหวัดนครราชสีมา

5. อาจารย์ จักรพันธุ์ จงเพ็งกลาง หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) โรงเรียนโนนสูงศรีธานี กรมสามัญศึกษา จังหวัดนครราชสีมา

ที่ ทม 1012/ ๑๔๔๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง คู่มือการใช้ ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็น อย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ ๒๖๗๐

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคลองไผ่วิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์อนันต์ ฟักกระโทก เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/๒๖๙๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนโนนสูงศรีธานี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และอาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์จักรพันธ์ จงเพ็งกลาง เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้นางสาวประนอม หมอกกระโทก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/๒๖๗๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์วิชาญ เลิศลพ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/๒๖๗๓

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยสยาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และอาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ 3210

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

15 พฤษภาคม 2545

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสีคิ้ว "สวัสดิ์ผดุงวิทยา"

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ และขอให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 5 จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ ๓๔๑๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๕ พฤษภาคม 2545

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนปราสาทวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย คู่มือการใช้ชุดทดลอง

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำการทดลองสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับนักเรียน กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 4 จำนวน 9 คน ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ 3411

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

7 มิถุนายน 2545

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนปราสาทวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวประนอม หมอกกระโทก นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 4 จำนวน 15 คน และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ในระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวประนอม หมอกกระโทก ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644
โทรสาร. 02-258-4119

ภาคผนวก ข

- วิธีการสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- การออกแบบและสร้างชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 –90 องศา
- การออกแบบและสร้างชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
- การออกแบบและสร้างชุดเครื่องจับเวลาและความเร็ว

การสร้างชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

การสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างชุดทดลองส่วนต่าง ๆ ทั้ง 3 ส่วนร่วมกับช่างเทคนิคเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยศึกษาหลักการทำงาน การออกแบบชุดทดลอง กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เขียนแบบชุดทดลอง และดำเนินการสร้างชุดทดลอง หลังจากนั้นนำชุดทดลองที่สร้างเสร็จแล้วประกอบเข้าด้วยกันโดยมีลำดับขั้นดังนี้

1. ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา

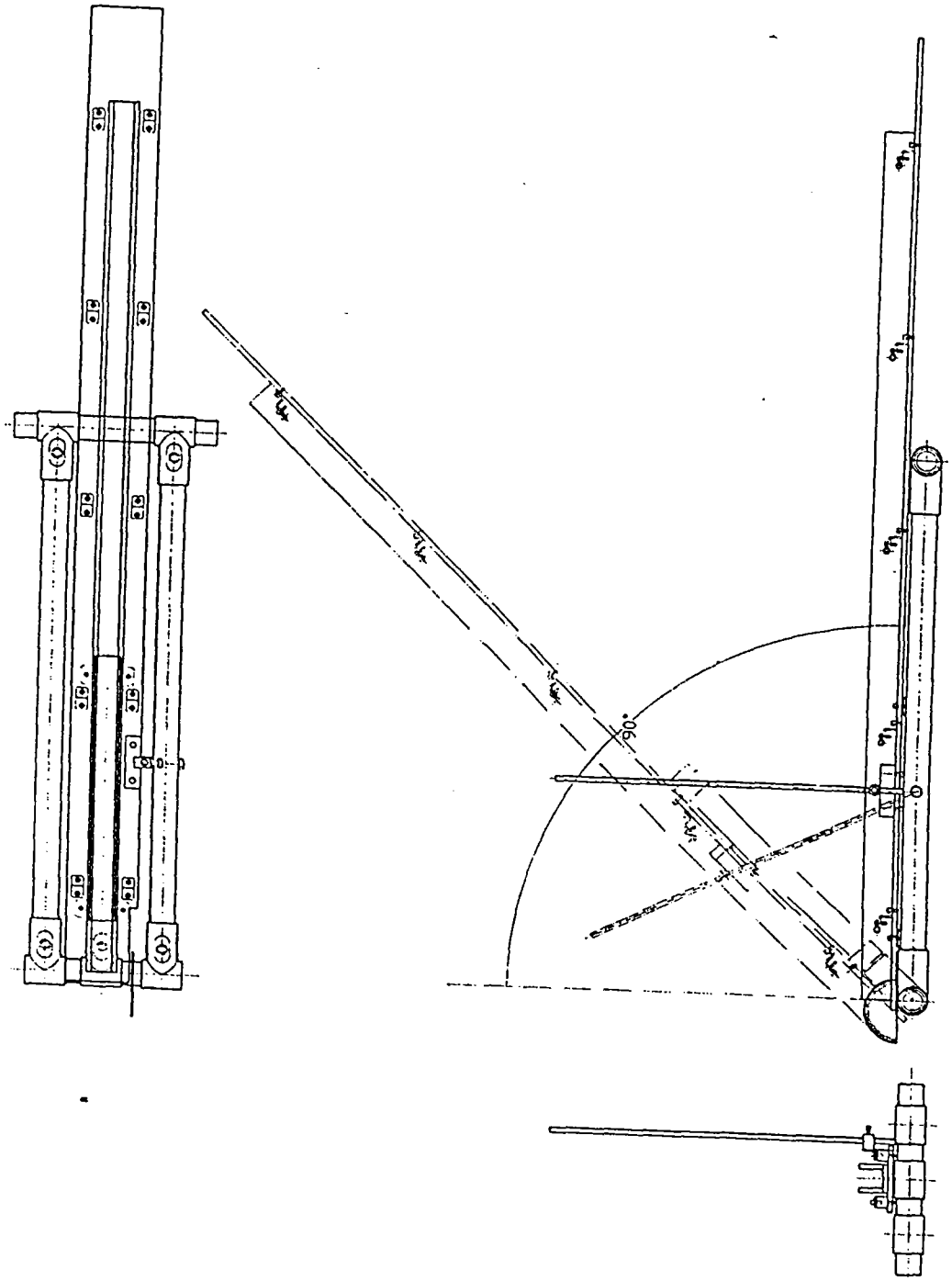
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา ประกอบด้วย

- ท่อเหล็กกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 CM ยาว 60 CM
- ท่อเหล็กกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 CM ยาว 20 CM
- ท่อเหล็กกลวงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 CM ยาว 36 CM
- ข้อต่อท่อนเหล็ก
- พลาสติกใสความหนา 0.5 CM กว้าง 7 CM ยาว 100 CM
- พลาสติกใสความหนา 0.5 CM กว้าง 4 CM ยาว 91 CM
- นอต 6 เหลี่ยม
- แกนยึดไดโอด อินฟราเรด
- เหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 CM ยาว 37 CM
- น็อตขนาดยาว 5 CM
- อลูมิเนียมรูปตัวยู
- เหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบตันขนาดกว้าง 1 CM ยาว 6 CM
- สเกลระยะทางยาว 100 CM
- สเกลบอกค่ามุมแบบครึ่งวงกลม 0 – 90 องศา

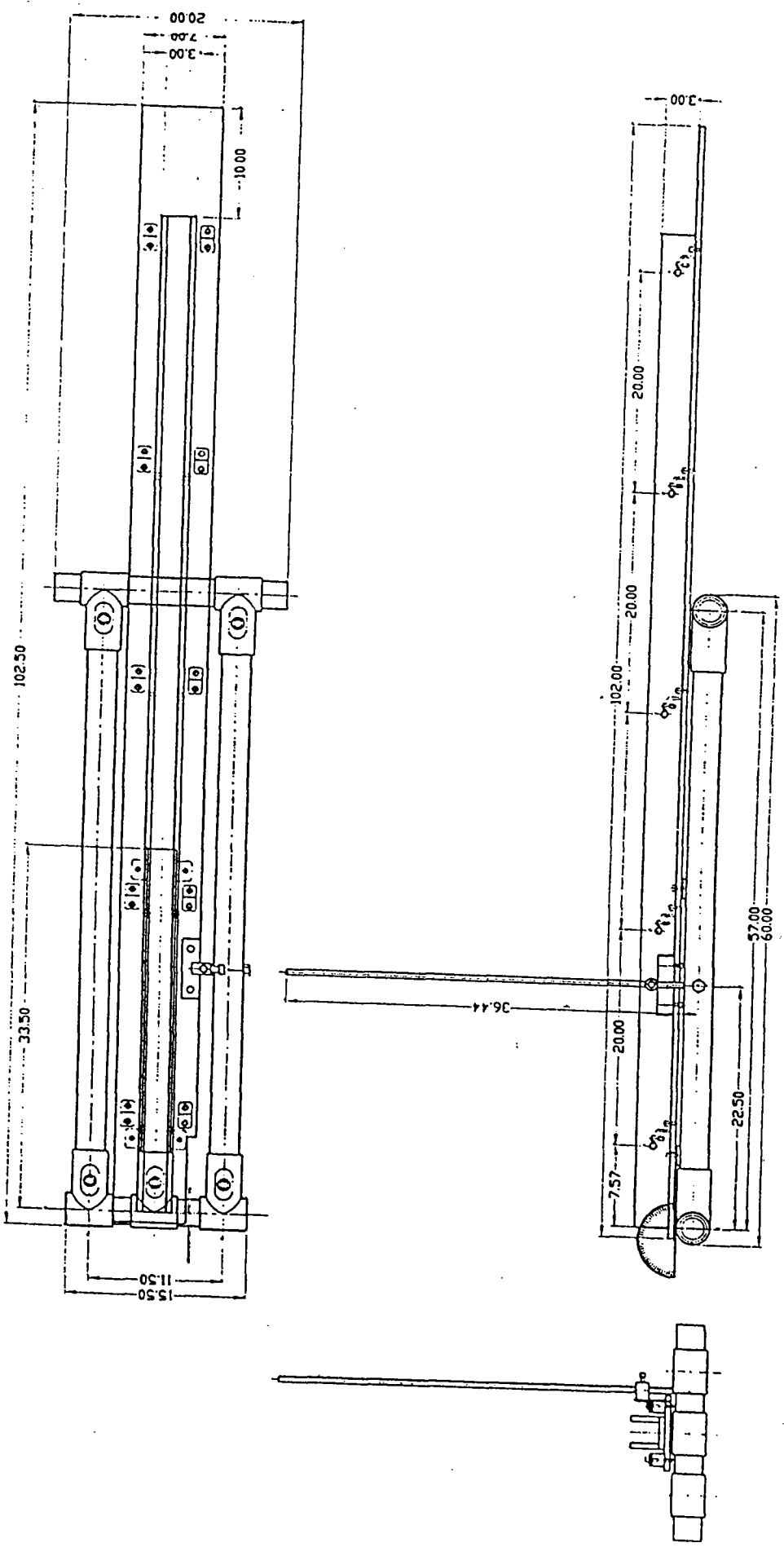
การสร้างชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 –90 องศา กับแนวระดับ

1. ออกแบบและกำหนดขนาดชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา ดังภาพประกอบ 6 – 7 และนำท่อเหล็กกลวงที่เตรียมไว้แล้ว มาประกอบเป็นฐานของชุดทดลองโดยใช้ข้อต่อท่อนเหล็กเป็นที่ยึด และใช้นอต 6 เหลี่ยมยึดให้ติดกันเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. นำแผ่นพลาสติกใสที่ตัดเรียบร้อยแล้ว ตามขนาดมาประกอบเป็นรางตามแบบ
3. ติดตั้งที่ยึดไดโอดอินฟราเรดแต่ละจุดทั้ง 2 ด้านบนแกนรางพลาสติกตามจุด
4. ติดตั้งที่ปรับระดับความเอียงของรางพลาสติกเข้ากับฐานเหล็ก
5. ยึดชุดแกนรางพลาสติกติดกับฐานโดยใช้ นอต และอลูมิเนียมรูปตัวยู
6. ติดที่บอกค่ามุมแบบครึ่งวงกลมที่ปลายรางด้านจุดปล่อยวัตถุดังภาพประกอบ 9
7. ติดสเกลระยะทางตลอดความยาวของขอบรางยาว 100 เซนติเมตร

หมายเหตุ ชุดทดลองนี้ สามารถถอด และประกอบได้ เพื่อความสะดวกต่อการทดลองและการเคลื่อนย้าย



ภาพประกอบ 6 แสดงการออกแบบชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา



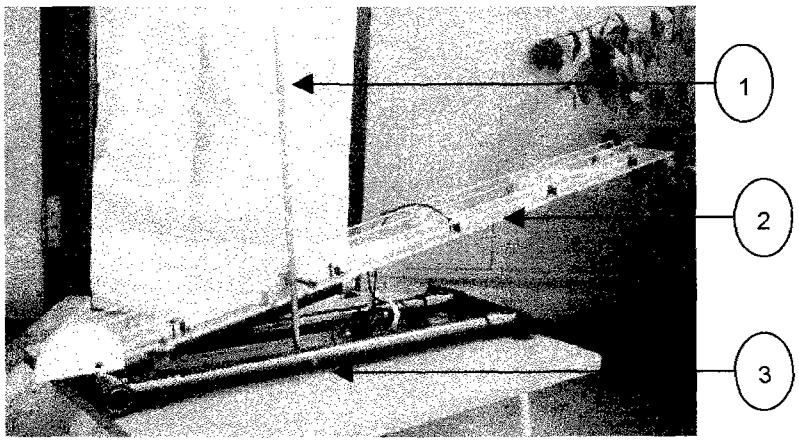
ภาพประกอบ 7 แสดงขนาดของชุดแกนรางเดี่ยวในหน่วย เซนติเมตร

การแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้

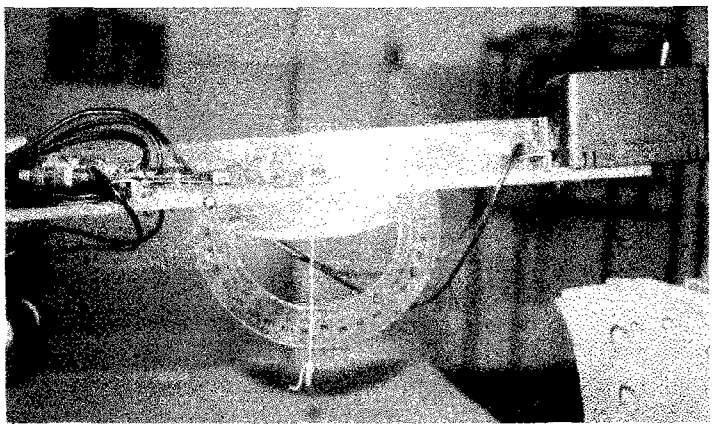
หมายเลข 1 หมายถึง แท่งเหล็กกลมใช้ปรับแกนรางเอียงตามค่ามุมต่าง ๆ

หมายเลข 2 หมายถึง แกนรางเอียงทำจากพลาสติกใส

หมายเลข 3 หมายถึง ฐานของชุดทดลองทำจากแท่งเหล็กกลม



ภาพประกอบ 8 แสดงชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา กับแนวระดับ



ภาพประกอบ 9 การติดตั้งตัวบอกค่ามุมของชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้

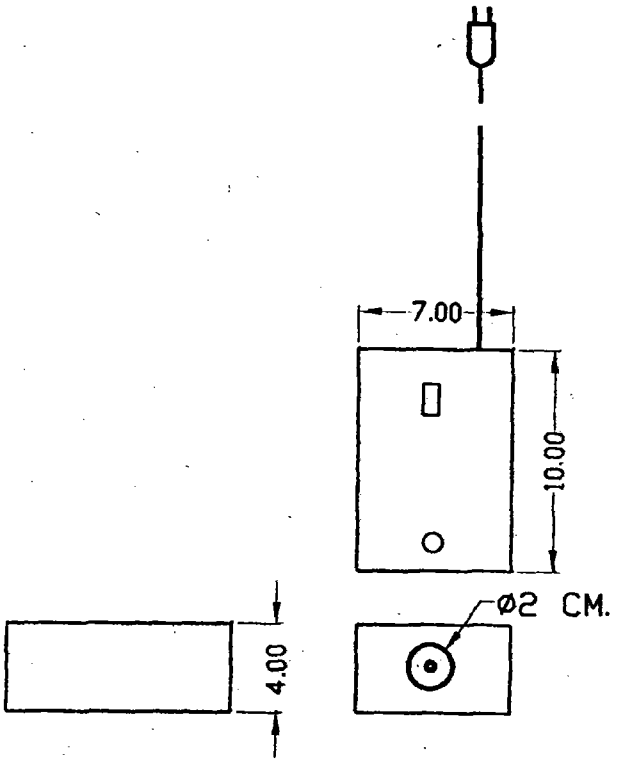
2. ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า มีวัสดุ อุปกรณ์ดังนี้

- ขดลวดทองแดงเบอร์ 36 SWG ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.013 ตารางมิลลิเมตร
- แกนขดลวดวงกลม
- สายไฟ ดำ แดง
- สวิตช์
- แท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร
- แอล อี ดี (LED)
- เพาเวอร์ อะแด็บเตอร์ (Power Adapter)

การสร้างชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า

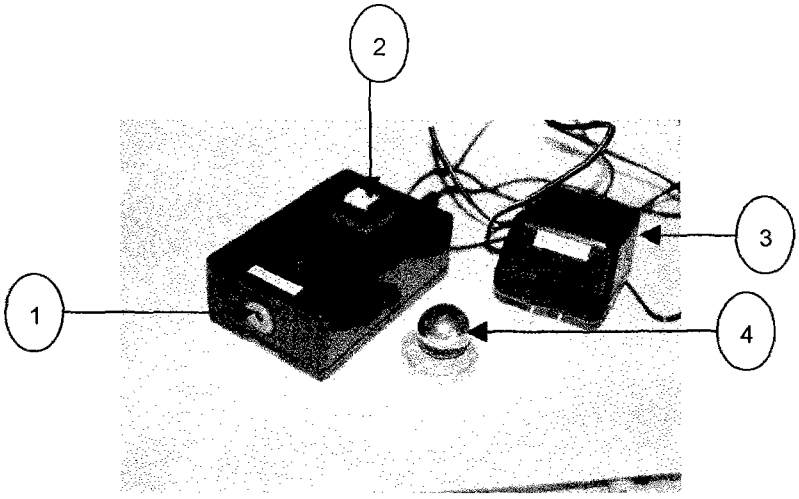
1. ออกแบบขนาดของชุดปล่อยวัตถุตามความเหมาะสม (ดังภาพประกอบ 10) นำลวดทองแดงเบอร์ 36 มาพันรอบแกนเหล็กตามจำนวนรอบ จำนวน 450 รอบ และต่อเชื่อมสายไฟเข้ากับตัวแอล อี ดี (LED) และสวิตช์ที่เตรียมไว้แล้ว

2. นำชุดขดลวดทองแดงที่พันแล้วและบรรจุกล่องต่อเชื่อมเข้ากับ เพาเวอร์ อะแด็บเตอร์ (Power Adapter) ซึ่งใช้แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 18 โวลต์ และทดสอบการทำงาน



ภาพประกอบ 10 การออกแบบและขนาดของชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า

การแสดงรายละเอียดของชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพประกอบ 11 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมลูกกลมเหล็ก

จากภาพประกอบ 11 เป็นการแสดงส่วนประกอบของชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีรายละเอียดตามหมายเลขดังนี้

หมายเลข 1 หมายถึง จุดปล่อยวัตถุ

หมายเลข 2 หมายถึง สวิตซ์

หมายเลข 3 หมายถึง เพาเวอร์ อะแด็บเตอร์

หมายเลข 4 หมายถึง ลูกกลมเหล็ก

3. ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ มีรายการอุปกรณ์ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงรายการอุปกรณ์สำหรับเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

รายการที่	จำนวน	อุปกรณ์	ชนิด	สัญลักษณ์
		รีซีสเตอร์ (Resistor)		
1	5	50 Ohm 1 %	¼ watts	R1 – R5
2	5	1.5 Ohm 1 %	¼ watts	R6 - R10
3	5	VR 25 kohm	20 Turn	R11 – R15
4	6	4.7 kohm 1 %	¼ watts	R16 – R21
5	40	50 Ohm 1 %	¼ watts	R22 – R61
		คาปาซีสเตอร์ (Capacitor)		
6	10	30 pF	Ceramic	C1 –C10
7	5	0.1 uF	WIMA	C11 – C15
8	2	2200 uF 16 V	Electrolyte	C16
9	1	100 uF 16 V	Electrolyte	C17
		ไดโอด (Diode)		
10	5	MLED 81	-	D1 –D5
11	5	MRD 821	-	D6 – D10
12	1	Bridge Rectifier Diode	-	D11
13	40	7-Segment Common Cathod Diode	-	DS1-DS40
		ไอซี (IC)		
14	2	LM 339	-	U1 –U2
15	5	PIC16C76	-	U3 – U7
16	1	LM7805	-	U8
		อื่น ๆ (Other)		
17	5	X – Tal 4.00 MHz	-	X1 – X5
18	1	Transformer 220V : 6V 500 mA	-	TF1
19	1	กล่องขนาด 20 X 30 CM	-	-
20	15	Socket IC	-	-
21	1	เครื่อง Program PIC16C76	-	-

การสร้างชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ มีขั้นตอนดังนี้

1. เขียนผังวงจร อิเล็คทรอนิกส์ ของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ(ภาพประกอบ 12)

2. ศึกษาสมบัติของตัวอุปกรณ์เพื่อใช้ในการกำหนดอุปกรณ์ในวงจรนั้น ๆ

3. เขียนโปรแกรมคำสั่งในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16C76 ชนิด 35 คำสั่ง โดยผ่านเครื่อง Microcontroller Writer ที่เชื่อมต่อกับ เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษา แอสเซมบลี ตามคำสั่งที่เราต้องการจะให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำอะไร และแสดงผลอะไรออกมา ตามแผนผังของโปรแกรม ในภาพประกอบ 13 (ช่างเทคนิคเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เป็นผู้เขียนโปรแกรมคำสั่งในการสร้างชุดเครื่องจับเวลา และความเร็วของวัตถุในครั้งนี้)

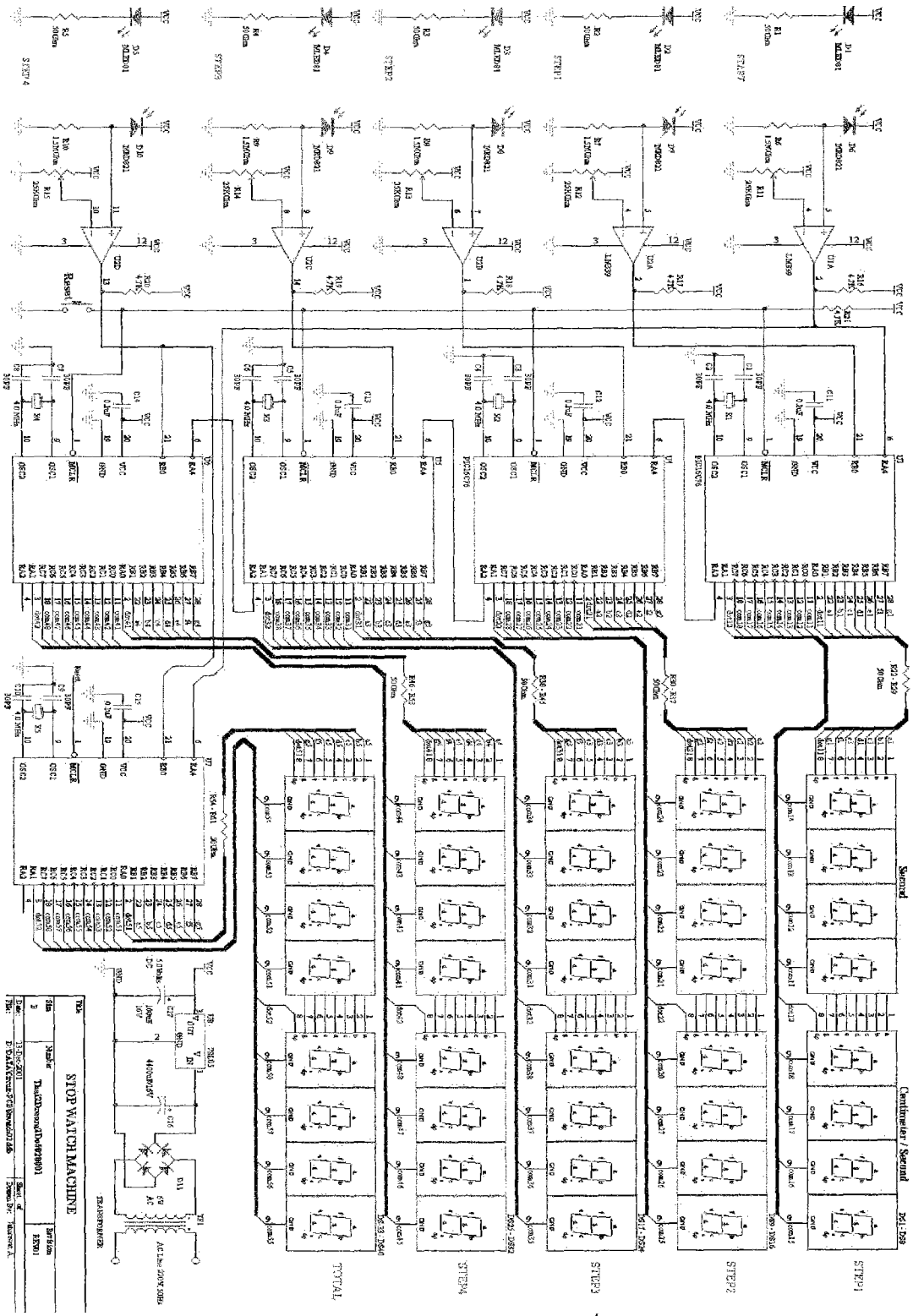
4. ประกอบวงจรลงบนแผ่นพิมพ์วงจรที่เตรียมไว้ โดยประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นพิมพ์วงจรแต่ละชุด และบัดกรีให้เรียบร้อยดังภาพประกอบ 12

5. เตรียมกล่องบรรจุโดยใช้กล่องเอนกประสงค์สำหรับใส่วงจร ใส่สวิตช์ เลือกปุ่มควบคุมต่าง ๆ พร้อมทั้งวางตำแหน่งวงจร ชุดหม้อแปลง และชุดควบคุมต่างๆ ให้เหมาะสม (ภาพประกอบ 14)

6. เชื่อมสายไฟต่อโยงวงจรแต่ละชุดเข้าด้วยกันตามแบบลายวงจร และตัวอุปกรณ์นั้น ๆ เชื่อมสายสัญญาณของตัวไดโอดอินฟราเรด ในแต่ละชุด โดยที่จุดปลายของตัวไดโอดอินฟราเรดใช้บล็อคที่เคลือบด้วยเรซินทำเป็นฐานสำหรับไว้ติดตั้งเป็นตัวหุ้มไดโอด

7. นำส่วนประกอบของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้ง 3 ส่วนที่สร้างเสร็จแล้วมาประกอบเป็นชุดทดลองเพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ภาพประกอบ 15 –16

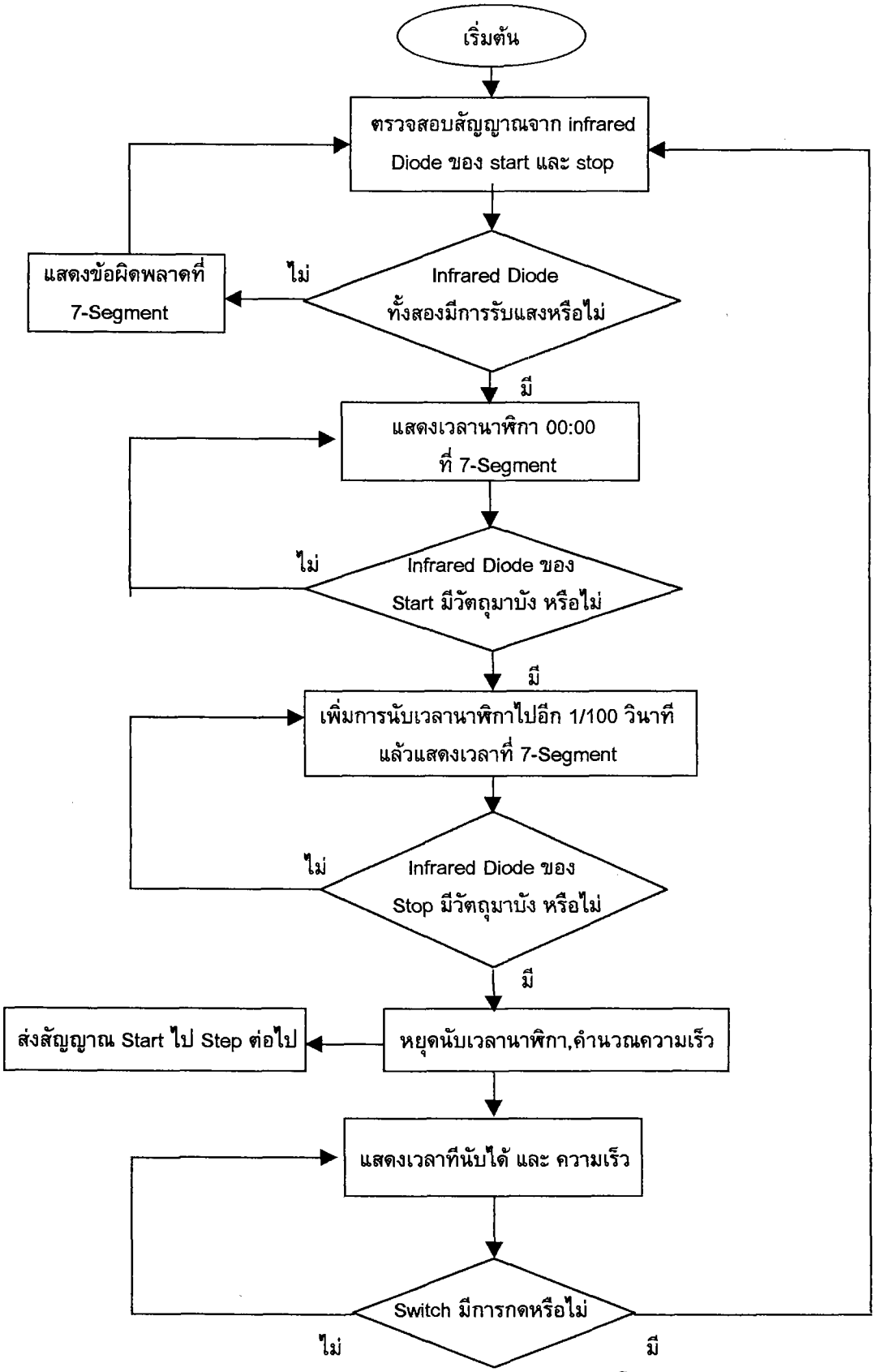
วงจรชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 12 แสดงวงจร อิเล็คทรอนิกส์ ของวงจรเครื่องจับเวลาความเร็วของวัตถุ

หลักการทำงานของวงจรเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

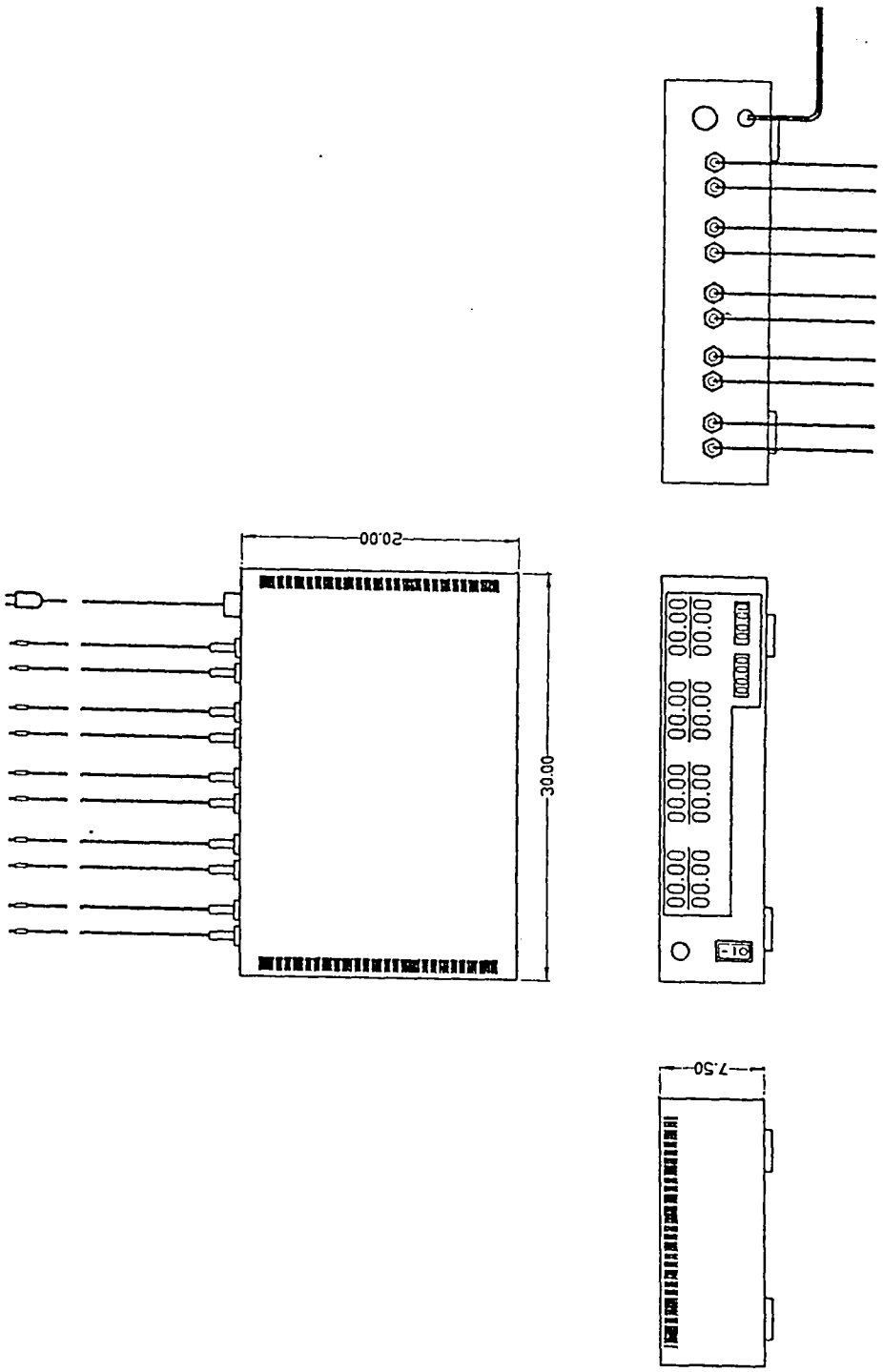
จากภาพประกอบ 12 เมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟให้กับระบบ ทำให้มีแรงดันและกระแสไหลผ่านอินฟราเรด ไดโอด (Infrared Diode) ตัวส่ง (D1-D5) ผ่านความต้านทาน (R1-R5) เพื่อกำหนดกระแสให้ไหลผ่านอุปกรณ์เปล่งแสง อินฟราเรด อย่างเหมาะสม (50 mA) ทำให้ ไดโอดเปล่งแสง อินฟราเรดออกมาและจะเปล่งออกมาตลอดเวลาเนื่องจากถูกต่อตรงกับแหล่งจ่ายไฟ เมื่อมีแสงอินฟราเรด ตกกระทบไดโอด ไดโอด อินฟราเรด ตัวรับจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวมันและความต้านทาน (R6-R10) ทำให้มีแรงดันตกคร่อมความต้านทาน ซึ่งถูกต่อที่ขา บวก ของ Op-Amp (U1-U2) ทำให้ขาบวกของ ออฟ แอมฟ์ (Op-Amp) มีแรงดันตกคร่อมด้วย ค่าแรงดันนี้จะแปรผันตามค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวรับ กล่าวคือถ้าความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวรับมากจะทำให้แรงดันที่ขาบวก ของ Op-Amp มีค่ามากตามด้วย ส่วนที่ขา ลบ ของ Op-Amp ถูกต่อกับความต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อใช้ปรับค่าแรงดันที่ขาลบ ของ Op-Amp ทำให้เราสามารถกำหนดความเข้มของแสงที่ตกกระทบตัวรับที่เท่าใดจึงจะทำให้ Output ของ Op-Amp เปลี่ยนแปลง เช่นถ้าปรับค่าความต้านทานให้มีแรงดันตกคร่อมที่ 3 โวลต์ (ขาลบ มีแรงดันตกคร่อม 3 โวลต์) และเมื่อมีแสงตกกระทบตัวรับเต็มที่จะทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ขาบวก ของ Op-Amp ประมาณ 4.5 โวลต์ ทำให้ Output ของ Op-Amp มีแรงดันไฟบวก (5 Volts, Logic High) เนื่องจากแรงดันขาบวก มาก กว่าขาลบ แต่เมื่อมีวัตถุบังแสงทำให้ไม่มีแสงตกกระทบตัวรับจะทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมขาบวก จะทำให้ Output ของ Op-Amp มีแรงดันไฟลบ (0 Volts, Logic Low) เนื่องจากแรงดันขาลบมากกว่าขาบวก ดังนั้นเราสามารถปรับแรงดันที่ขา ลบเพื่อใช้เปรียบเทียบกับแรงดันที่ขา บวก ที่ได้รับจากการตกกระทบของแสงตามความเข้มที่ตกกระทบ ว่าที่ความเข้มเท่าใดจึงจะทำให้ Output ของ Op-Amp เปลี่ยนแปลง จะทำให้สามารถปรับระยะห่างของตัวส่งและตัวรับได้ตามต้องการOutput ของ Op-Amp ถูกต่อกับขา RA4 ของ Micro Controller (U3-U7)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ Output จะทำให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) ตรวจพบการเปลี่ยนแปลง และจะใช้การเปลี่ยนแปลงนี้ในการตัดสินใจในการเริ่ม และ หยุดการนับเวลา



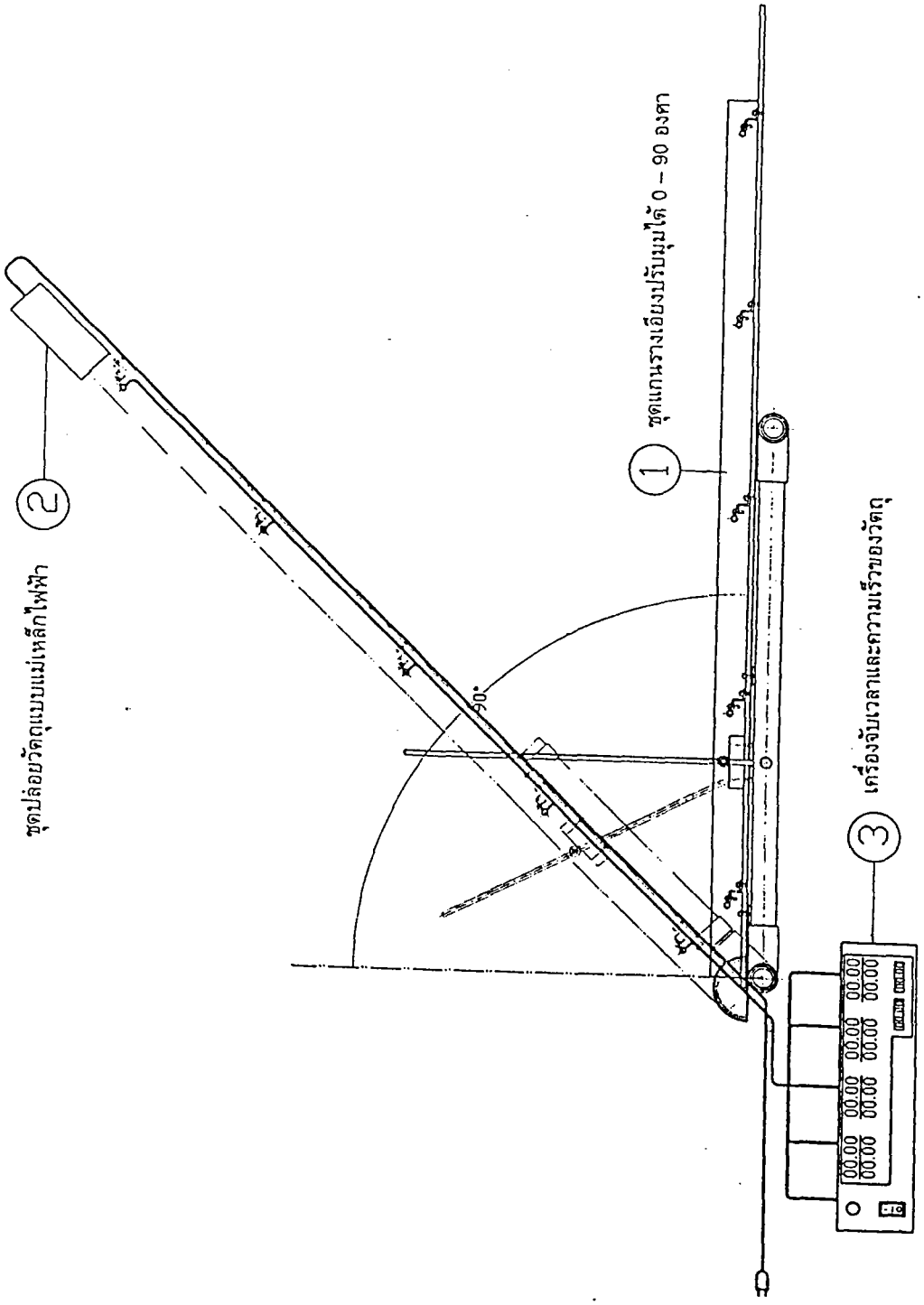
ภาพประกอบ 13 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรม

อธิบายหลักการทำงานจาก แผนผัง (Flow Chart) ของโปรแกรม

จากภาพประกอบ 13 เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ หรือ กดปุ่ม Reset จะทำให้ PIC16C76 อยู่ในสภาวะเริ่มต้น โดยจะเริ่มต้นกระทำคำสั่งแรก ซึ่งเป็นการตรวจสอบการรับสัญญาณแสง อินฟราเรด(Infrared) ของตัวรับในแต่ละชุด (ชุด Start และ Stop) ว่ามีการรับแสง อินฟราเรด หรือไม่ เพื่อเป็นการตรวจสอบการจัดตำแหน่งของ อินฟราเรดไดโอด ตัวส่ง และ ตัวรับให้ถูกต้อง (ตัวรับแสงทั้งหมดจะต้องได้รับแสง อินฟราเรด จากตัวส่งของแต่ละชุดตลอดเวลา) ถ้าตัวรับตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมดไม่ได้รับแสง อินฟราเรด ก็แสดงว่าการจัดตำแหน่งไม่สมบูรณ์ PIC16C76 จะไม่ยอมกระทำการใดๆ จนกว่าตัวตรวจจับทั้งหมดจะถูกจัดวางตำแหน่งได้ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งจะแสดงผลของการตรวจสอบการจัดตำแหน่งที่ ตัวแสดงผล (7-Segment)ในแต่ละชุด โดยที่ตำแหน่งด้านขวาสุดของแต่ละชุดจะแสดงสถานะของตัวตรวจจับด้าน Start และทางด้านซ้ายสุดจะแสดงสถานะของตัวตรวจจับด้าน Stop ถ้าตำแหน่งไม่สมบูรณ์จะแสดง "E" ในด้านของตัวที่ไม่สมบูรณ์นั้นๆ แต่ถ้าสมบูรณ์จะแสดง "O" เมื่อตัวตรวจจับทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งที่สมบูรณ์แล้ว (เป็น O ทั้งหมด) PIC16C76 จะทำงานต่อไปโดยจะแสดงตัวเลข " 00:00 " ซึ่งหมายความว่า PIC16C76 พร้อมแล้วที่จะทำการตรวจจับเวลาความเร็วของวัตถุ ซึ่งในขณะนี้ PIC16C76 จะทำการตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดด้าน Start (ซึ่งปกติจะมีแสงตกกระทบตลอดเวลา) ว่ามีวัตถุมาบังลำแสงจากตัวส่งหรือไม่ ถ้าไม่มีวัตถุใดๆมาบังแสง ก็จะนำข้อมูลเวลานาฬิกา ซึ่งตอนนี้เป็น 00:00 และยังไม่มีการนับเวลา ไปทำการแสดงผลที่ 7-Segment แล้วกลับมาตรวจสอบอีกและจะวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสงเมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ไม่มีแสงมาตกกระทบตัวรับแสงจะทำให้ PIC16C76 ตรวจพบและรู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุดเริ่มต้นจะทำให้มันเริ่มต้นการนับเวลาโดยเพิ่มเวลาครั้งละ 1/100 วินาทีและนำเวลานี้ไปแสดงที่ 7-Segment แล้วไปตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดทางด้าน Stop ว่ามีวัตถุมาบังลำแสงหรือไม่ (ไม่ไปตรวจสอบที่ตัวรับด้าน Start อีก) ถ้าไม่ มันก็จะไปเพิ่มเวลาโดยบวกเวลาเพิ่มไปอีก 1/100 วินาที แล้ววนกลับมาตรวจสอบตัวรับแสงทางด้าน Stop อีกและวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ PIC16C76 รู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุด Stop จะทำให้มันหยุดการนับเวลาและคงค้างเวลาที่หยุดนั้นแล้วนำไปแสดงที่ 7-Segment นั้นคือเวลาความเร็วของวัตถุจากจุด Start ถึง จุดที่เราต้องการจับเวลา หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณไปให้ PIC16C76 ชุดต่อไปให้เริ่มการนับเวลาต่อใน Step ต่อไป และจะกระทำในลักษณะเดียวกันจนครบทุก Step (U3 – U6) , เมื่อ PIC16C76 หยุดการนับเวลาในแต่ละ Step จะนำเวลาที่นับได้ไปทำการคำนวณเพื่อหาความเร็วซึ่งมีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที และ จะส่งผลการคำนวณไปแสดงผล และจะคงค้างข้อมูลเวลาและผลการคำนวณที่ได้จนกระทั่งมีการกดปุ่ม Reset เมื่อมีการกดปุ่ม Reset จะเป็นการ Reset ตัว PIC16C76 ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้มันกลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ตั้งแต่แรกเปรียบเสมือนกับการจ่ายแรงดันไฟให้กับระบบในครั้งแรก วงจรถูกออกแบบเพื่อคำนวณความเร็วที่ระยะห่างแต่ละ Step 20 cm ดังนั้นการติดตั้งตัวตรวจจับแต่ละ Step ต้องอยู่ห่างกัน Step ละ 20 cm มิฉะนั้นจะทำให้ผลการคำนวณความเร็วไม่ถูกต้อง

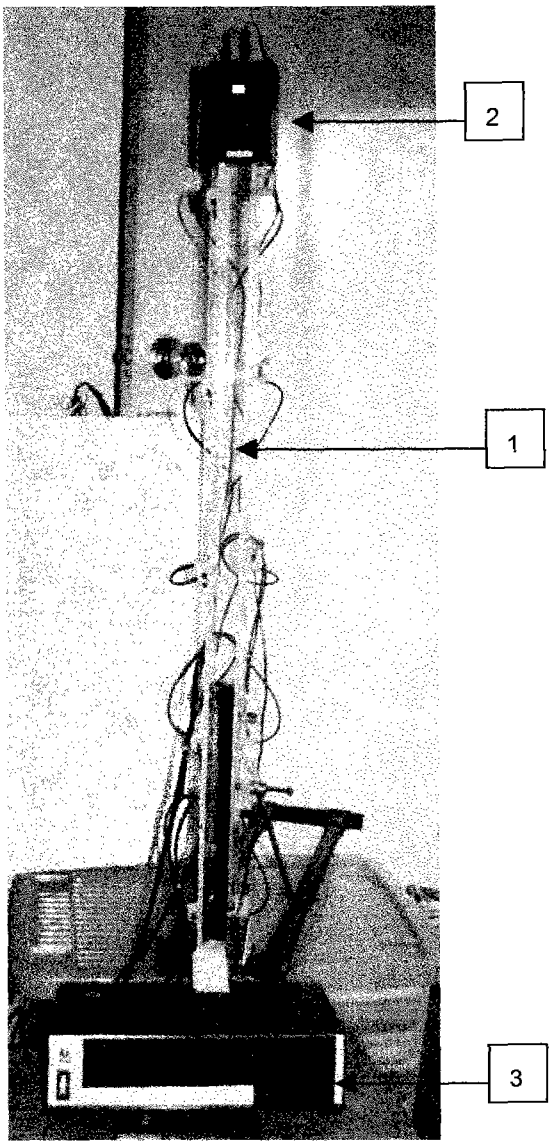


ภาพประกอบ 14 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 15 ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ทั้งสามส่วน

เมื่อสร้างชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้ง 3 ส่วนเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำชุดทดลองมาประกอบเข้าด้วยกันก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์



ภาพประกอบ 16 แสดงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

จากภาพประกอบ 16 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง มีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 หมายถึง ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 -90 องศา

หมายเลข 2 หมายถึง ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า

หมายเลข 3 หมายถึง ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็ว

ภาคผนวก ค

- ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง
- แบบประเมิน แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ตาราง 15 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชา ฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์					
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	ทักษะกระบวนการฯ	การนำไปใช้	รวม (ข้อ)	ลำดับความสำคัญ
1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายระยะทาง อัตราเร็ว อัตราเร็วเฉลี่ย ความเร็ว ความเร็วเฉลี่ย ความเร่ง และความเร่งเฉลี่ยได้	4 (1,2,3, 5)	1 (4)			5	2
2. หาอัตราเร็วเฉลี่ย อัตราเร็วขณะหนึ่ง เมื่อกำหนดระยะทางและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ให้ได้		1 (10)	1 (6)	3 (7,8,9)	5	2
3. ทำการทดลองหาค่าอัตราเร็วเฉลี่ย โดยใช้เครื่องจับเวลา และอธิบายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้			3 (11,12 , 26)		3	4
4. บอกและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ย การกระจัด และเวลาได้	1 (15)	2 (14,16)			3	4
5. หาความเร่งเฉลี่ยจากข้อมูลการทดลอง และจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้		1 (17)	3 (13,19 20)	2 (21,22)	6	1
6. ทำการทดลองและหาค่าความเร่งของวัตถุที่ตกแบบเสรีได้		2 (18,23)		2 (24,25)	4	3
7. หาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรง ด้วยความเร่งคงตัวได้จากการหาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็ว - เวลาและจากการคำนวณได้			3 (27,29,30)	1 (28)	4	3
รวม	5	7	10	8	30	-

ตาราง 16 แสดงความแปรปรวนรายข้อ คะแนนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ข้อที่	pq	กลุ่มสูง (n =27) X	กลุ่มต่ำ (n = 27) X	p	r	ค่าความแปรปรวนรายข้อของแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก
1*	0.24	20	12	0.59	0.30	0.24
2	0.04	2	0	0.04	0.07	
3*	0.25	16	11	0.50	0.19	
4*	0.22	13	5	0.33	0.30	0.22
5	0.25	15	11	0.48	0.15	
6	0.04	1	1	0.04	0.00	
7*	0.21	22	16	0.70	0.22	0.21
8*	0.16	27	16	0.80	0.41	0.16
9	0.24	16	17	0.61	-0.04	
10*	0.25	18	10	0.52	0.30	0.25
11*	0.25	18	8	0.48	0.37	0.25
12*	0.23	24	10	0.63	0.52	0.23
13*	0.21	24	14	0.70	0.37	0.21
14*	0.23	21	14	0.65	0.26	0.23
15*	0.24	19	12	0.57	0.26	0.24
16	0.21	23	15	0.70	0.30	
17	0.2	7	8	0.28	-0.04	
18*	0.25	15	9	0.44	0.22	0.25
19*	0.19	12	2	0.26	0.37	0.19
20	0.21	21	17	0.70	0.15	
21*	0.17	26	16	0.78	0.37	0.17
22	0.25	14	11	0.46	0.11	
23	0.23	20	15	0.65	0.19	
24	0.1	5	1	0.11	0.15	
25	0.16	7	4	0.20	0.11	
26	0.13	4	4	0.15	0.00	
27*	0.21	12	4	0.30	0.30	0.21
28*	0.24	20	13	0.61	0.26	0.24
29	0.23	11	9	0.37	0.07	
30	0.22	11	6	0.31	0.19	

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	Pq	กลุ่มสูง (n =27) X	กลุ่มต่ำ (n = 27) X	p	r	ค่าความแปรปรวนรายข้อของแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก
31	0.11	6	1	0.13	0.19	
32	0.25	15	13	0.52	0.07	
33*	0.24	22	10	0.59	0.44	0.24
34*	0.22	12	6	0.33	0.22	0.22
35	0.13	26	20	0.85	0.22	
36*	0.2	12	3	0.28	0.33	0.2
37*	0.25	16	10	0.48	0.22	0.25
38*	0.23	15	5	0.37	0.37	0.23
39*	0.25	22	5	0.50	0.63	0.25
40*	0.25	23	7	0.56	0.59	0.25
41*	0.19	10	4	0.26	0.22	0.19
42	0.22	11	7	0.33	0.15	
43*	0.24	17	4	0.39	0.48	0.24
44*	0.25	22	7	0.54	0.56	0.25
45*	0.25	18	9	0.50	0.33	0.25
46*	0.18	24	17	0.76	0.26	0.18
47	0.24	13	8	0.39	0.19	
48*	0.19	23	17	0.74	0.22	0.19
49*	0.2	24	15	0.72	0.33	0.2
50*	0.22	21	15	0.67	0.22	0.22
						$\sum pq = 10.36$
						ความแปรปรวนรวม = 32.41

หมายเหตุ รวมจำนวนข้อที่ใช้ได้ทั้งหมด 31 ข้อ

รวมจำนวนข้อที่เลือกไว้ทั้งหมด 30 ข้อ

* หมายถึง ข้อที่เลือกไว้ ที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (P) ซึ่งค่าที่ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งค่าที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยข้อที่เลือกไว้ มีจำนวน 30 ข้อ แบบทดสอบเหล่านี้ที่นำไปคำนวณ $\sum pq$ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 10.36 และนำแบบทดสอบไปหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ได้เท่ากับ 0.82

การคำนวณหา S^2 (หาความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ)

จากสูตร

$$S^2 = \frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N\left(N-1\right)}$$

$$S^2 = \frac{54x\ 15864 - \left(874\right)^2}{54\left(54-1\right)}$$

$$S^2 = \frac{92780}{2862}$$

$$S^2 = 32.417$$

การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (r_{tt}) จำนวน 30 ข้อ จากสูตร K.R. -20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^{\ 2}}\right]$$

$$r_{tt} = \frac{30}{29}\left[1 - \frac{6.7}{32.41}\right]$$

$$r_{tt} = 1.0344827\left[1 - 0.2067263\right]$$

$$r_{tt} = 0.82$$

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์
เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 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

---

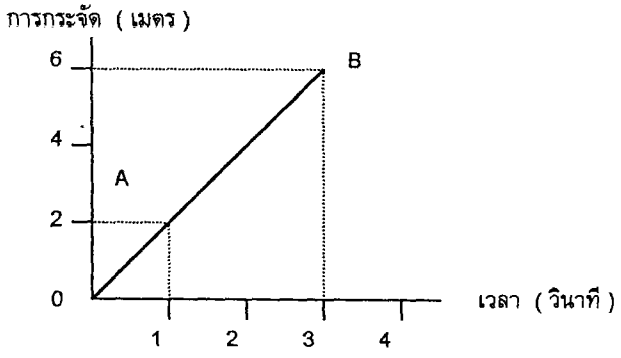
1. ข้อใดเป็นความหมายของการกระจัด (ความรู้ – ความจำ)
   ก. ระยะห่างระหว่างจุดตั้งต้นกับจุดปลาย
   ข. ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายในแนวตรง
   ค. ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ตามเส้นทางการเคลื่อนที่จริง ๆ
   ง. ระยะทางที่วัดตามเส้นทางการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลาย
2. ข้อใดกล่าวถึงปริมาณสเกลาร์ได้ถูกต้อง (ความรู้ – ความจำ)
   ก. ปริมาณที่บอกเฉพาะขนาด
   ข. ปริมาณที่บอกเฉพาะทิศทาง
   ค. ปริมาณที่บอกเฉพาะตำแหน่ง
   ง. ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง
3. อัตราเร็วเฉลี่ย คือข้อใด (ความรู้ - ความจำ)
   ก. ระยะทางหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ข. ระยะทางคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ค. ขนาดการกระจัดหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ง. ขนาดการกระจัดคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
4. วัตถุที่มีความเร็วคงตัวจะมีความเร่งเป็นอย่างไร (ความเข้าใจ)
   ก. เป็นลบ
   ข. เป็นบวก
   ค. เป็นศูนย์
   ง. เป็นไปได้ทุกกรณี
5. ข้อใดเป็นปริมาณเวกเตอร์ (ความรู้ – ความจำ)
   ก. เวลา
   ข. ระยะทาง
   ค. อัตราเร็ว
   ง. การกระจัด

6. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 30 กิโลเมตร ในครึ่งชั่วโมงแรก และเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 กิโลเมตร ในครึ่งชั่วโมงต่อมา อัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่าใด (ทักษะการคำนวณ)
   ก. 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ข. 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ค. 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ง. 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ดังตาราง เมื่อระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร และเวลา มีหน่วยเป็นวินาที อัตราเร็วที่วินาทีที่ 2 มีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)

ระยะทาง (เมตร)	0	4	8	12	24	48
เวลา (วินาที)	0	1	2	3	4	5

   ก. 4 เมตรต่อวินาที
   ข. 6 เมตรต่อวินาที
   ค. 8 เมตรต่อวินาที
   ง. 12 เมตรต่อวินาที
8. จากข้อ 7 อัตราเร็วตลอดระยะเส้นทางการเคลื่อนที่มีค่าเท่าไร (การนำไปใช้)
   ก. 4.5 เมตรต่อวินาที
   ข. 6.0 เมตรต่อวินาที
   ค. 9.0 เมตรต่อวินาที
   ง. 9.6 เมตรต่อวินาที

<u>ใช้ข้อมูลจากกราฟต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 9 - 10</u>



9. จากกราฟ เวลาช่วง AB มีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)
   ก. 1 วินาที
   ข. 2 วินาที
   ค. 3 วินาที
   ง. 4 วินาที

10. การกระจัดช่วง AB มีขนาดเป็นเท่าใด (ความเข้าใจ)

ก. 1 เมตร

ข. 2 เมตร

ค. 3 เมตร

ง. 4 เมตร

11. จากการทดลองเพื่อศึกษา ความเร่งของวัตถุในการตกแบบเสรี จากการทดลองแต่ละครั้ง ต้องบันทึกค่าระยะทาง (S) , เวลา (t) และ ความเร็ว (V) ในการบันทึกข้อมูล ควรลำดับการบันทึกค่าเหล่านี้ ตามข้อใดเพื่อเป็นการประหยัดเวลา และความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (ทักษะการทดลอง)

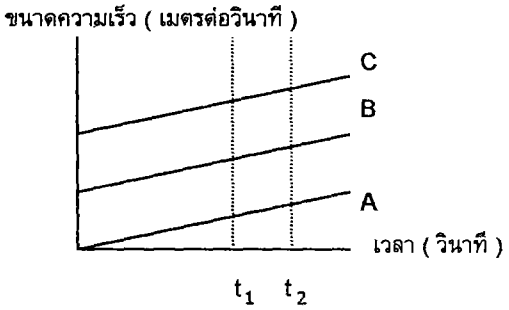
ก. S , t และ V

ข. S , V และ t

ค. t , V และ S

ง. t , S และ V

12. รถยนต์ A , B , C เคลื่อนที่ไปบนถนนราบตรง ซึ่งเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วกับเวลาของรถยนต์ทั้งสามคัน ได้ดังรูป (ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)



ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 รถยนต์ทั้งสามเคลื่อนที่โดยมี

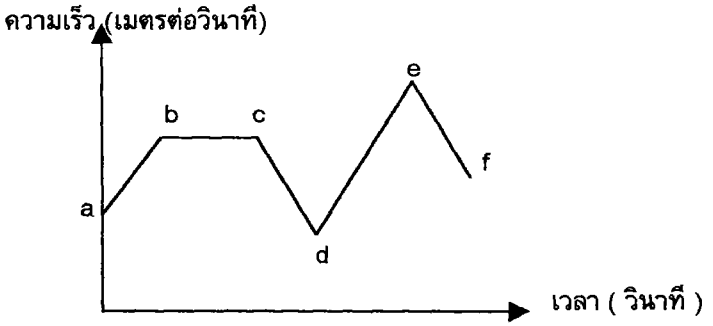
ก. การกระจัดคงที่

ข. อัตราเร็วเท่ากัน

ค. ทิศทางเดียวกัน

ง. ขนาดความเร่งเท่ากัน

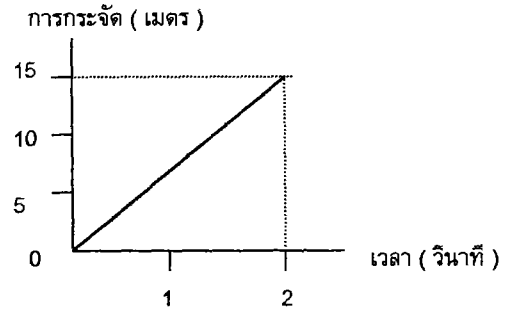
13. จากกราฟนี้ ความเร่งมีค่ามากที่สุดในช่วงใด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)



ก. a ไป b ข. b ไป c

ค. c ไป d ง. d ไป e

14.



จากกราฟแสดงว่าวัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร ดังต่อไปนี้ (ความเข้าใจ)

1. มีความเร่งคงที่
2. ความชันของกราฟคือ ความเร่งของวัตถุ
3. มีความเร็วคงที่
4. ความชันของกราฟ คือความเร็วของวัตถุ

จากข้อความใน 1 , 2 ,3 ,4 ข้อความใดถูกต้องที่สุด

ก. 2

ข. 4

ค. 1 , 2

ง. 3 , 4

15. จากกราฟระหว่างความเร็ว – เวลา พื้นที่ใต้กราฟ คือข้อใด (ความรู้ – ความจำ)

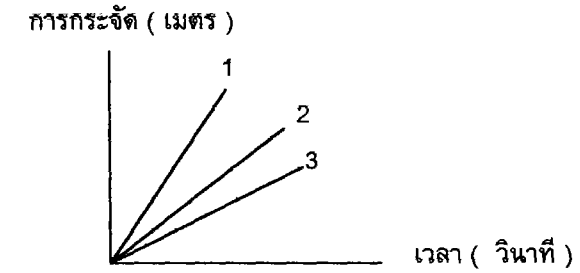
ก. เวลา

ข. ความเร่ง

ค. ความเร็ว

ง. การกระจัด

16. จากกราฟระหว่างการกระจัดและเวลาของรถ 3 คัน รถคันใดมีความเร็วมากที่สุด (ความเข้าใจ)



ก. คันที่ 1

ข. คันที่ 2

ค. คันที่ 3

ง. ทั้ง 3 คันมีความเร็วเท่ากัน

17. ข้อความใดต่อไปนี้ <u>ไม่ใช่</u> ตัวอย่างของการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (ความเข้าใจ)

ก. ก้อนหินที่ตกลงมาแบบเสรี

ข. รถจักรยานที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว

ค. ลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น

ง. รถยนต์กำลังลดอัตราเร็วเพื่อหยุดตรงสัญญาณไฟจราจร

18. ในการตกแบบเสรี ถ้าไม่คิดความต้านทานของอากาศขณะวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น หรือ เคลื่อนที่ลงตามแนวดิ่ง ปริมาณใดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และมีค่าคงตัว (ความเข้าใจ)

ก. ความเร่ง

ข. ความเร็วเฉลี่ย

ค. ความเร็วสุดท้าย

ง. ความเร็วขณะหนึ่ง

19. จากข้อมูลการทดลอง การเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งในแนวตรง โดยมีความเร็วเริ่มต้น 10 เมตรต่อวินาที และความเร็วจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ วินาที ซึ่งความเร็วของวัตถุนี้ที่เวลาใด ๆ แสดงในตาราง จงหาความเร่งเฉลี่ย (ทักษะการคำนวณ)

เวลา (วินาที)	0	1	2	3	4	5
ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)	10	11	12	13	14	15

ก. 1 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 3 เมตรต่อวินาที^{2}

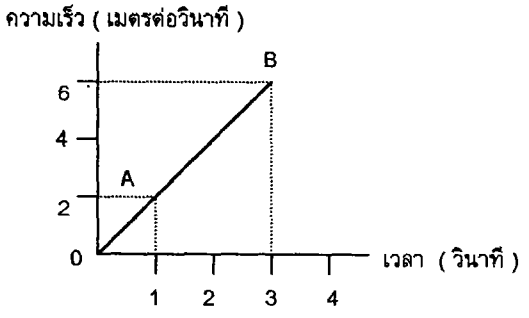
ง. 4 เมตรต่อวินาที^{2}

20. จากข้อ 19 ความเร่งขณะหนึ่งที่เวลา t = 3 วินาที โดยใช้ Δt = 2 วินาที คือข้อใด (ทักษะการคำนวณ)

ก. 1 เมตรต่อวินาที^{2} ข. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 3 เมตรต่อวินาที^{2} ง. 4 เมตรต่อวินาที^{2}

21. จงตอบคำถามจากกราฟ



จากกราฟ ความเร่งระหว่างช่วง AB มีขนาดเท่าใด (การนำไปใช้)

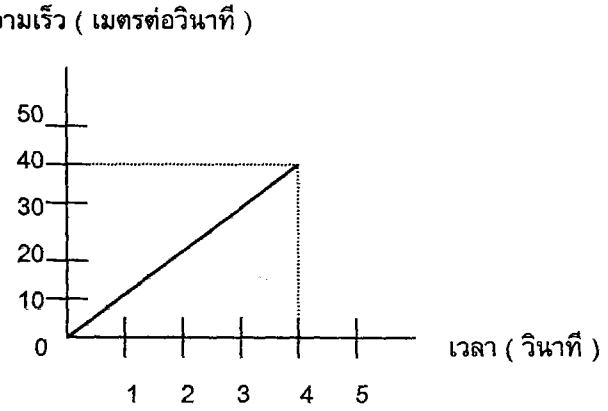
ก. 1 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 3 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 4 เมตรต่อวินาที^{2}

22. ทดลองปล่อยก้อนหินจากหน้าผาให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เมื่อเขียนกราฟระหว่างความเร็วและเวลาจะได้กราฟดังรูป ความเร่งของก้อนหินเป็นเท่าใด (การนำไปใช้)



ก. 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 20 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 30 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 40 เมตรต่อวินาที^{2}

23. ระยะสูงสุดที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวดิ่ง มีค่าขึ้นกับข้อใด (ความเข้าใจ)

1) ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่

2) เวลาของการเคลื่อนที่

3) ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

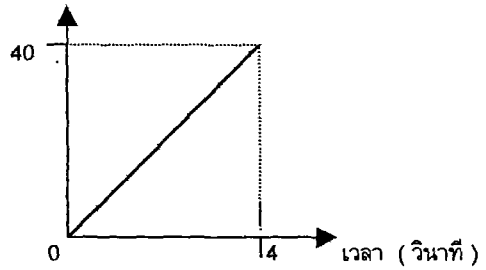
ก. ข้อ 1 เท่านั้น

ข. ข้อ 1 , 2

ค. ข้อ 1 , 3

ง. ข้อ 1 , 2 และ 3

24. จากรูปเป็นกราฟ ความเร็ว และเวลาโดยเส้นกราฟเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ข้อใดถูกต้อง
(การนำไปใช้)



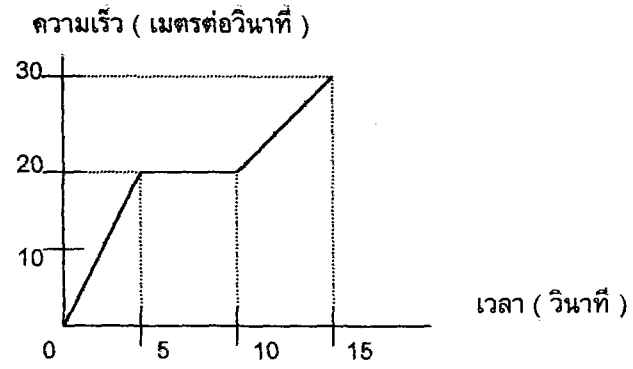
ก. ความชันของกราฟเป็นค่าความเร่งมีค่า 10

ข. ความชันของกราฟเป็นค่าความเร่งมีค่า 40

ค. พื้นที่ใต้กราฟเป็นความเร่งมีค่า 80 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. พื้นที่ใต้กราฟเป็นความเร็วมีค่า 40 เมตรต่อวินาที^{2}

25. จากกราฟระหว่างความเร็วและเวลาในรูป จงหาความเร่งของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลา 0 - 5 วินาที
(การนำไปใช้)



ก. 4 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 5 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 20 เมตรต่อวินาที^{2}

26. จากการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด (S) กับเวลา (t) ในการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็ว (V) ควรจะจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลตามข้อใดถึงจะมีความเหมาะสม
(ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)

ก. เสนอเป็นตารางข้อมูล และกราฟเส้น

ข. เสนอเป็นตารางข้อมูล และแผนภาพ

ค. เสนอเป็นตารางข้อมูล และกราฟแท่ง

ง. ถูกทั้ง ก และ ข

27. รถไฟขบวนหนึ่งแล่นด้วยอัตราเร็วคงที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ระยะทางเท่าไร (ทักษะการคำนวณ)

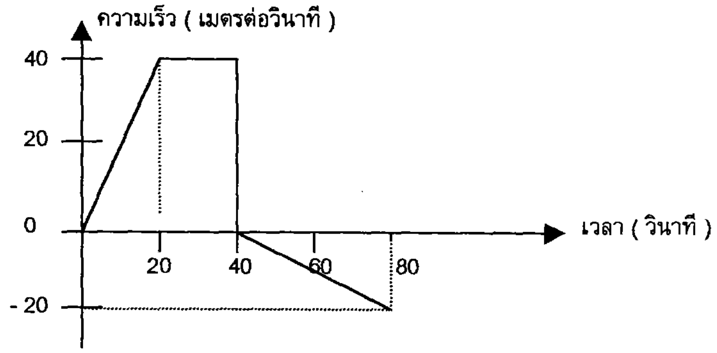
ก. 15 กิโลเมตร

ข. 20 กิโลเมตร

ค. 180 กิโลเมตร

ง. 200 กิโลเมตร

28. จากกราฟ ความเร็ว – เวลา แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุระหว่างความเร็วกับเวลา จงคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด (การนำไปใช้)



ก. 600 เมตร

ข. 800 เมตร

ค. 1,000 เมตร

ง. 1,400 เมตร

29. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1,800 เมตร ในเวลา 30 วินาที อัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุนี้เป็นเท่าใด (ทักษะการคำนวณ)

ก. 30 เมตรต่อวินาที

ข. 40 เมตรต่อวินาที

ค. 50 เมตรต่อวินาที

ง. 60 เมตรต่อวินาที

30. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่โดยใช้ความเร็วเท่ากับ 45 เมตรต่อวินาที และวัตถุนี้ก็เปลี่ยนแปลงความเร็วภายในเวลา 9 วินาที วัตถุนี้มีความเร่งเท่าใด (ทักษะการคำนวณ)

ก. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 3 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 4 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 5 เมตรต่อวินาที^{2}

%%

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง จำนวน 30 ข้อ

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

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

<u>คำชี้แจง</u> : แบบสอบถามฉบับนี้ต้องการความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ที่มีต่อชุดทดลอง ขอให้ผู้ตอบแบบสอบถามอ่านข้อความแต่ละข้ออย่างละเอียด เพื่อพิจารณาตามความคิดเห็นว่ามีความคิดเห็นอย่างไร ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตรงกับความคิดเห็นเพียงคำตอบเดียว

ข้อความ	ความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ความคิดเห็นต่อชุดทดลอง					
1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติทำให้คล่องตัวในการทำการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงแต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ	.....	.....	.....	.....	.....
3. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
4. ขณะที่ทำการทดลองในชุดทดลองรู้สึกไม่เคร่งเครียด	.....	.....	.....	.....	.....
5. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงทำให้รู้สึก กระตือรือร้น	.....	.....	.....	.....	.....
6. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงทำให้น่าเบื่อ	.....	.....	.....	.....	.....
7. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงยากเกินไป	.....	.....	.....	.....	.....
8. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงเกิดความกังวลใจ	.....	.....	.....	.....	.....
9. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงไม่เหมาะสมกับเนื้อหาการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
10. รู้สึกไม่ปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อความ	ความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
การแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง					
11. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนวตรง	.....	.....	.....	.....	.....
12. รู้สึกสนุกสนาน ในขณะทำการทดลองจากชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง	.....	.....	.....	.....	.....
13. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนวตรงเพิ่มขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
14. การทดลองในชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงทำให้ได้รับการฝึกการใช้ความคิดของตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
15. การทดลองในชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	.....	.....	.....	.....	.....
16. การทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
17. การเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....
18. ขณะเรียนโดยใช้ชุดทดลองนี้ทำให้รู้สึกง่วงนอนบ่อยครั้ง	.....	.....	.....	.....	.....
19. การเรียนโดยใช้ชุดทดลองนี้ทำให้ไม่อยากเข้าเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
20. ชุดทดลองไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อความ	ความคิดเห็น				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
การเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง					
21. ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	.....	.....	.....	.....	.....
22. ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	.....	.....	.....	.....	.....
23. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดแก้ปัญหาตลอดเวลา	.....	.....	.....	.....	.....
24. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
25. ชุดทดลองเหมาะสำหรับใช้ในการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
26. มั่นใจว่าจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
27. การเรียนโดยใช้ชุดทดลองช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
28. การเรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงเป็นเรื่องน่าอาย	.....	.....	.....	.....	.....
29. รู้สึกไม่มั่นใจที่จะนำความรู้จากการเรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงไปใช้	.....	.....	.....	.....	.....
30. ความรู้ที่ได้ไม่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน	.....	.....	.....	.....	.....

เรียน ท่านผู้เชี่ยวชาญที่เคารพอย่างสูง

เนื่องด้วยดิฉันได้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับใช้ในการทดลองประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยมีความมุ่งหมายที่จะพัฒนาชุดทดลองให้มีประสิทธิภาพที่จะนำไปใช้ในการส่งเสริมการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น ดิฉันจึงได้จัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ 2 ส่วนด้วยกันได้แก่

1. ส่วนที่เกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วย
   1.1 ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง
   1.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และสำหรับครู
   1.3 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาของการทดลอง
2. ส่วนที่เกี่ยวกับแบบทดสอบ ได้แก่
   2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   2.2 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

เพื่อที่จะได้ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์มาปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ใคร่ขอความกรุณาจากท่านได้โปรดช่วยประเมินผลเครื่องมือ แต่ละชุดตามแบบประเมินซึ่งได้แนบมาด้วย ทั้งนี้เมื่อท่านได้ประเมินแล้วขอความกรุณาท่านได้ติดต่อมาที่ นางสาวประนอม หมอกกระโทก 567 ซอยชานเมืองแยก 5 ถนนประชาสงเคราะห์ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400 โทร (01 –7708942) ด้วย จะเป็นพระคุณอย่างสูง ซึ่งดิฉันจะไปรับเครื่องมือดังกล่าวด้วยตัวเอง

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง
นางสาวประนอม หมอกกระโทก

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ท่านพิจารณาว่าจุดประสงค์ของการทดลองแต่ละข้อต่อไปนี้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับการทดลองที่สร้างขึ้นจริงหรือไม่ ให้ท่านพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง

0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง

-1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับการทดลอง

โปรดตอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน +1 , 0 , -1 แล้วแต่กรณี

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
การทดลองที่ 1 : การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุโดยใช้เครื่องจับเวลา	1. นักเรียนสามารถบอกเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	.....	.....	.....	.....
	2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้	.....	.....	.....	.....
	3. นักเรียนสามารถอธิบายอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	.....	.....	.....	.....
การทดลองที่ 2 : การศึกษาความเร็วของวัตถุแนวตรง	1. นักเรียนสามารถอธิบายความเร็วของวัตถุจากการทดลองได้	.....	.....	.....	.....
	2. นักเรียนสามารถ คำนวณหาความเร็วจากการทดลองได้	.....	.....	.....	.....
	3. เขียนกราฟระหว่างขนาดการกระจัดกับเวลา และเปรียบเทียบความชันของกราฟได้	.....	.....	.....	.....
การทดลองที่ 3 : การศึกษาความเร่งของวัตถุแนวตรง	1. นักเรียนสามารถอธิบายความเร่งเฉลี่ยของวัตถุจากการทดลองได้	.....	.....	.....	.....
	2. นักเรียนสามารถเขียนกราฟขนาดของความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้	.....	.....	.....	.....
	3. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร่งและเปรียบเทียบความเร่งของวัตถุในกรณีต่าง ๆ	.....	.....	.....	.....
	4. แปลความหมายจากกราฟการทดลองระหว่างความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	.....	.....	.....	.....

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
การทดลองที่ 4 : การศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบเสรี	1. นักเรียนสามารถทดลองหาความเร็วของวัตถุที่ตกแบบเสรีได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาได้ 3. นักเรียนสามารถหาความเร่งเฉลี่ยจากกราฟได้	....	....	....	....
การทดลองที่ 5 : การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา	1. บอกค่าความเร็วและเวลาจากชุดทดลองได้ 2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วกับเวลาของวัตถุจากการทดลองได้ 3. หาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างขนาดความเร็ว กับเวลาจากกราฟของการทดลองได้	....	....	....	....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

<u>คำชี้แจง</u> : แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 20 ข้อ

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

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

แบบประเมินชุดนี้ แบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป
2. ด้านลักษณะการใช้งาน
3. ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
4. ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ระดับการศึกษา
   - ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท
   - ☐ ปริญญาเอก
   - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน ☐ วิชาฟิสิกส์ ☐ วิทยาศาสตรศึกษา จำนวน.....ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

   ตำแหน่ง.....

   สังกัด.....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

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

ตารางการประเมินชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง
โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	.....	.....	.....	.....	.....
1.5 ส่วนแสดงผลของชุดจับเวลาแสดงผลได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 สามารถทำงานได้หลายการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 เครื่องจับเวลามีความประหยัดในการใช้กระแสไฟฟ้า	.....	.....	.....	.....	.....
2.6 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	.....	.....	.....	.....	.....
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆเสียหาย	.....	.....	.....	.....	.....

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน					
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะกับระดับของผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	.....	.....	.....	.....	.....
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง	.....	.....	.....	.....	.....
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาเกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับนักเรียน
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับครู

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ระดับการศึกษา
   - ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท
   - ☐ ปริญญาเอก
   - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์ในการทำงานด้านวิชา ☐ วิชาฟิสิกส์ ☐ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา
   จำนวน.....ปี
4. ตำแหน่งในปัจจุบัน
   ตำแหน่ง.....
   สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาเกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

คำชี้แจงในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

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

ตารางประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง
โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ และทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับนักเรียน					
1.1 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
1.5 กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	.....	.....	.....	.....	.....
1.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
2. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับครู					
2.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....

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

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

แบบประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในงานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย"

คำชี้แจง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วกับข้อเท็จจริง ศัพท์ การจัดประเภท และการบรรยายลักษณะตามที่เคยเรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมา 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 แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ และแผนภาพได้

3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน การใช้เครื่องมือ ปฏิบัติการได้ถูกต้อง และการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ หรือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่ว ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การสังเกต การวัด การคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายและลงข้อสรุป

แบบทดสอบมีทั้งหมด 60 ข้อ จะมีลักษณะอิงเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนวตรง ในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำแนกเป็น

1. ความรู้ - ความจำ	จำนวน	12	ข้อ
2. ความเข้าใจ	จำนวน	19	ข้อ
3. การนำไปใช้	จำนวน	9	ข้อ
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	20	ข้อ

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

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

ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ , ข้อคำถาม กับพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ที่ต้องการจะวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่าน จากระดับคะแนนดังต่อไปนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	1 ความรู้ – ความจำ				
2	1 ความเข้าใจ				
3	1 ความรู้ – ความจำ				
4	1 ความรู้ – ความจำ				
5	1 ความรู้ – ความจำ				
6	1 ความรู้ – ความจำ				
7	1 ความรู้ – ความจำ				
8	1 ความเข้าใจ				
9	1 ความเข้าใจ				
10	1 ความรู้ – ความจำ				
11	2 ความเข้าใจ				
12	2 การนำไปใช้				
13	2 ความเข้าใจ				
14	2 ความเข้าใจ				
15	2 ความเข้าใจ				
16	2 ความเข้าใจ				
17	2 ความเข้าใจ				
18	2 การนำไปใช้				
19	3 ทักษะการทดลอง				
20	3 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป				
21	3 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป				

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
22	3 ทักษะการวัด				
23	3 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย				
24	3 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป				
25	3 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป				
26	3 ทักษะการวัด				
27	3 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย				
28	3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร				
29	3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร				
30	3 ทักษะการตั้งสมมติฐาน				
31	3 ทักษะการตั้งสมมติฐาน				
32	3 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล				
33	3 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล				
34	3 ทักษะการวัด				
35	4 ความเข้าใจ				
36	4 ความเข้าใจ				
37	4 ความเข้าใจ				
38	4 ความรู้ - ความจำ				
39	4 ความเข้าใจ				
40	4 ความเข้าใจ				
41	5 ความเข้าใจ				
42	5 การนำไปใช้				
43	5 การนำไปใช้				
44	5 ความรู้ – ความจำ				
45	5 ทักษะการคำนวณ				
46	5 ทักษะการคำนวณ				
47	5 ความเข้าใจ				
48	5 การนำไปใช้				
49	6 ความเข้าใจ				
50	6 ความเข้าใจ				
51	6 ความรู้ – ความจำ				
52	6 ความเข้าใจ				
53	6 การนำไปใช้				
54	7 ความรู้ – ความจำ				
55	7 ความรู้ – ความจำ				

ข้อสอบข้อที่	จุดประสงค์ข้อที่ / และพฤติกรรมที่วัด	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
56	7 การนำไปใช้				
57	7 การนำไปใช้				
58	7 การนำไปใช้				
59	7 ทักษะการคำนวณ				
60	7 ทักษะการคำนวณ				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

(...../...../.....)

แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความคิดเห็นของนักเรียน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา หลังจากที่นักเรียนได้เรียนจากชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ครบทุกการทดลอง

คำชี้แจง

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง มีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง , เห็นด้วย , ไม่แน่ใจ , ไม่เห็นด้วย และ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง แบบสอบถามนี้มุ่งประเมินความคิดเห็นของนักเรียนใน 2 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง (10 ข้อ)
2. ด้านการแสดงออกต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ
   - 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง (10 ข้อ)
   - 2.2 การเห็นประโยชน์ของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง (10 ข้อ)

แบบสอบถามนี้ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก แบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ของ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ ซึ่งเนื้อหาของข้อคำถามมีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

ข้อคำถามเชิงบวก หมายถึง ข้อความที่แสดงความคิดเห็นต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทางที่ดี

ข้อคำถามเชิงลบ หมายถึง ข้อความที่แสดงความคิดเห็นต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทางที่ไม่ดี

ข้อคำถามเชิงบวก มีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน

ข้อคำถามเชิงลบ มีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน

แบบประเมิน แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ

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

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับพฤติกรรมความคิดเห็นที่ต้องการวัดโดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่านโดยกำหนดให้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ลักษณะของข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมแสดงความคิดเห็นที่ต้องการวัด

ข้อที่	ลักษณะข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
1	เชิงบวก				
2	เชิงลบ				
3	เชิงบวก				
4	เชิงลบ				
5	เชิงบวก				
6	เชิงบวก				
7	เชิงบวก				
8	เชิงลบ				
9	เชิงลบ				
10	เชิงลบ				
11	เชิงบวก				
12	เชิงบวก				
13	เชิงลบ				
14	เชิงบวก				
15	เชิงบวก				
16	เชิงลบ				
17	เชิงบวก				
18	เชิงลบ				
19	เชิงลบ				
20	เชิงลบ				
21	เชิงบวก				

ข้อที่	ลักษณะข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
22	เชิงบวก				
23	เชิงบวก				
24	เชิงบวก				
25	เชิงลบ				
26	เชิงลบ				
27	เชิงบวก				
28	เชิงลบ				
29	เชิงบวก				
30	เชิงบวก				

ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

ภาคผนวก ง

- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาการทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงจากผู้เชี่ยวชาญ
- แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู จากผู้เชี่ยวชาญ
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง จากผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ
- ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองจำนวน 9 คน

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การทดลองที่	จุดประสงค์ของการทดลอง	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1	1. นักเรียนสามารถบอกเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีต่าง ๆได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3. นักเรียนสามารถอธิบายอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
2	1. นักเรียนสามารถอธิบายความเร็วของวัตถุจากการทดลองได้	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร็วจากการทดลองได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	3. เขียนกราฟระหว่างขนาดการกระจัดและเปรียบเทียบความชันของกราฟได้	1	0	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
3	1. นักเรียนสามารถอธิบายความเร่งเฉลี่ยของวัตถุจากการทดลองได้	1	0	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
	2. นักเรียนสามารถเขียนกราฟขนาดของความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้	1	0	1	0	0	2	0.40*	ปรับปรุง
	3. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร่งและเปรียบเทียบความเร่งของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	4. แปลความหมายจากกราฟการทดลองระหว่างความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	0	0	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้

ตาราง 17 (ต่อ)

การทดลองที่	จุดประสงค์ของการทดลอง	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
4	1. นักเรียนสามารถทดลองหาความเร็วของวัตถุที่ตกแบบเสรีได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาได้	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
	3. นักเรียนสามารถหาความเร่งเฉลี่ยจากกราฟได้	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
5	1. บอกค่าความเร็วและเวลาจากชุดทดลองได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วกับเวลาของวัตถุจากการทดลองได้	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
	3. หาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างขนาดความเร็ว กับเวลาจากกราฟของการทดลองได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

หมายเหตุ

1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหาการทดลอง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหาการทดลอง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประสงค์ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาการทดลอง

อนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงจุดประสงค์ข้อที่ยังไม่สอดคล้องดังนี้

การทดลองที่ 2 จุดประสงค์ข้อที่ 3 ปรับเป็น อธิบายความเร็วจากกราฟของขนาดการกระจัดกับเวลาได้

การทดลองที่ 3 จุดประสงค์ข้อที่ 1 ปรับเป็น ทำการทดลองและศึกษาความเร่งจากการทดลองได้

การทดลองที่ 3 จุดประสงค์ข้อที่ 2 ปรับเป็น หาความเร่งจากกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางการภาพทั่วไป								
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	5	4	4	5	4	4.40	0.54	ดี
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	4	4	5	5	4	4.40	0.54	ดี
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	5	5	5	4	5	4.80	0.44	ดีมาก
1.4 มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก
1.5 ส่วนแสดงผลของชุดจับเวลาแสดงผลได้ชัดเจน	5	1	5	5	5	4.20	1.78	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน								
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	4	5	5	5	4.80	0.44	ดีมาก
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก
2.3 สามารถทำงานได้หลายการทดลอง	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	5	1	5	4	4	3.80	1.64	ดี
2.5 เครื่องจับเวลามีความประหยัดในการใช้กระแสไฟฟ้า	5	3	5	5	4	4.40	0.89	ดี
2.6 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม								
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	5	3	4	5	4	4.20	0.83	ดี
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย	5	3	3	5	4	4.00	1.00	ดี
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย	4	5	4	5	4	4.40	0.54	ดี

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน								
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	2	4.20	1.30	ดี
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	5	5	5	3	4.60	0.89	ดีมาก
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง	5	5	5	5	3	4.60	0.89	ดีมาก
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มได้	5	5	5	5	4	4.80	0.44	ดีมาก

สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

1. ควรปรับตัววัดมุมใหม่
2. ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแม่เหล็กให้เป็น 12 โวลต์เหมือนกันทั้งชุด
3. ควรปรับระยะเซนเซอร์
4. สวิตช์ตัวปล่อยวัตถุควรแยกจากตัวราง
5. ควรปรับตัวยึดโครงสร้างแกนรางเอียงให้แน่นกว่านี้
6. ควรมีกล่องบรรจุ
7. ใช้น้ำมันหล่อลื่นทาที่บริเวณพื้นรางเพื่อลดแรงเสียดทาน
8. เหล็กกลมที่ใช้สำหรับยึดแกนรางเอียงปรับมุมต่างๆ ควรใส่สปริงรองรับ

อนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดทดลองตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ข้อ 1 , 7 และ ข้อ 8 ส่วนข้ออื่น ๆ นั้นยังไม่สามารถปรับปรุงได้ ผู้วิจัยได้เขียนไว้ที่ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงสำหรับนักเรียน								
1.1 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	4.60	0.54	ดีมาก
1.2 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	5	5	5	4	4.60	0.54	ดีมาก
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	4	5	5	5	3	4.40	0.89	ดี
1.5 การทดลองทำให้เกิดควบคิดรวบยอด	4	3	5	5	3	4.00	1.00	ดี
1.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	2	4.40	1.34	ดี
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	5	3	4.60	0.89	ดีมาก
1.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	5	3	4.60	0.89	ดีมาก
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	5	3	4.60	0.89	ดีมาก
1.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	4	5	5	5	3	4.40	0.89	ดี
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู								
2.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองได้เหมาะสม	5	4	5	5	3	4.40	0.89	ดี
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	5	4	5	5	3	4.40	0.89	ดี
2.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง	4	4	5	5	4	4.40	0.54	ดี
2.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	4	5	4	5	2	4.00	1.22	ดี
2.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	4	4	5	5	4	4.40	0.54	ดี

ตาราง 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบทดสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	0	0	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
16	0	1	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
17	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
18	0	1	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
19	1	-1	1	1	-1	1	0.20	ปรับปรุง
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	0	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
23	0	0	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	-1	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
26	1	-1	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
27	1	0	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 20 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
31	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
32	1	0	1	1	-1	2	0.40*	ปรับปรุง
33	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
34	0	0	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
35	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
42	0	0	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
45	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
46	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
47	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
49	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
50	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
51	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
52	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
53	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
55	1	-1	1	1	-1	1	0.20*	ปรับปรุง
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
59	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
60	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้

* หมายถึงข้อที่ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครู

1. ควรมีรูปประกอบที่ชัดเจนมากกว่านี้ และคำอธิบายชิ้นส่วนของรูปประกอบการทดลองควรมีขนาดใหญ่ ให้อ่านได้ชัดเจน
2. ในคู่มือทั้ง 2 เล่ม มีคำศัพท์ที่ไม่ถูกต้องจำนวนมาก เช่น การกระจัด , การขจัด , ระยะขจัด , ระยะการกระจัด ควรใช้คำที่เป็นมาตรฐานสากล
3. ให้ระมัดระวังตัวย่อ เช่น วินาที จาก sec ให้ใช้ s
4. สัญลักษณ์ ถ้าเป็นปริมาณให้ใช้ตัวเอียง ถ้าเป็นหน่วยให้ใช้ตัวตรง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. คำว่า เมตร/วินาที ให้เปลี่ยนเป็น เมตรต่อวินาที
2. กราฟในบางข้อสเกลของกราฟไม่เท่ากัน ควรปรับใหม่
3. คำว่า คงที่ กับ คงตัว ให้เช็คใหม่
4. ระมัดระวังเรื่องการใช้คำย่อ เช่น sec ให้ใช้ s
5. ในข้อ 30 ให้ใช้ ความเร่ง แทนคำว่า อัตราเร่ง
6. ในข้อ 39 ไม่ควรใช้คำว่า ความหน่วง
7. ข้อ 58 กราฟไม่ถูกต้องให้ปรับใหม่
8. ข้อ 60 ให้ปรับโจทย์ใหม่
9. สัญลักษณ์ ถ้าเป็นปริมาณให้ใช้ ตัวเอียง ถ้าเป็นหน่วยให้ใช้ตัวตรง เช่น ระยะทาง (*S*) และ วินาที (s)

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
16	0	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
18	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ข้อแนะนำเพิ่มเติม.. ชุดคำถามเชิงบวกควรต่อเนื่องกันเป็นชุด ๆ สลับกันได้แต่ไม่ใช่สลับอย่างไม่เป็นระบบ

ตาราง 22 สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) จากการทดลองใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ข้อที่	รายการประเมิน	N*	$\bar{X}$	สรุปผล
	ด้านการออกแบบ			
1	รูปแบบชุดทดลองศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวตรงเร้าความสนใจของนักเรียน	9	4.33	ดี
2	ชุดทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	9	3.80	ดี
3	ชุดทดลองสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย	9	4.10	ดี
4	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง	9	4.30	ดี
	ด้านเนื้อหาวิชา			
5	ผลการทดลองของชุดทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์การทดลอง	9	4.00	ดี
6	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดทดลองศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวตรงนักเรียนเข้าใจเนื้อหาชัดเจนขึ้น	9	4.00	ดี
7	การทดลองด้วยชุดทดลองทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9	4.44	ดี
8	การทดลองด้วยชุดทดลองมีผลต่อการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9	4.10	ดี
9	เมื่อทำการทดลองโดยใช้ชุดทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจรวดเร็วขึ้น	9	4.20	ดี
10	การทดลองในชุดทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	9	3.88	ดี
	ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา			
11	ชุดทดลองให้ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	9	4.22	ดี
12	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตามขั้นตอนการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง	9	4.55	ดีมาก
13	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรม	9	4.22	ดี
14	เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	9	4.00	ดี
15	การทดลองประกอบชุดการทดลองเหมาะสมกับนักเรียน	9	4.22	ดี
16	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละการทดลองมีความเหมาะสม	9	3.88	ดี
17	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียน	9	4.22	ดี
18	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง	9	4.22	ดี
19	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดทดลองได้ด้วยตนเอง	9	4.00	ดี
20	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนจัดเก็บชุดทดลองได้ง่าย	9	4.33	ดี
	เฉลี่ย		4.36	ดี

N* หมายถึง จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

สรุปความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 9 คน

1. ตัวยึดไดโอดอินฟาเรดบางจุดยังไม่แน่น
2. ตัวเลขที่หน้าจอแสดงผลจากตัวเครื่อง ยังไม่ค่อยชัดเจน มีแสงรบกวน
3. ควรติดรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลหน้าจอแสดงผลให้ชัดเจน และง่ายต่อการอ่าน
4. ชุดทดลองให้ความรู้ชัดเจน โดยเฉพาะรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลตัวเลข
5. ชุดทดลองมีความเหมาะสมกับนักเรียน สามารถให้ความรู้และทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการทำงาน รู้จักใช้เครื่องมือทดลอง
6. ชุดทดลองนี้สามารถทดลองได้ง่าย และเข้าใจง่าย
7. ทำให้ได้เรียนรู้เนื้อหาก่อนในบทเรียน และต้องใช้ความสามารถในการทำการทดลองมากพอสมควร
8. ชุดทดลองเก็บง่าย เหมาะกับนักเรียน ไม่มีอันตราย ทำให้มีความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์มาก

ภาคผนวก จ

- แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในระหว่างเรียน
- แสดงผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนจากแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนและหลังเรียน

ตาราง 23 แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน					คะแนน รวม (50)	ร้อยละ คะแนน รวม
	การทดลอง ที่ 1 (10)	การทดลอง ที่ 2 (10)	การทดลอง ที่ 3 (10)	การทดลอง ที่ 4 (10)	การทดลอง ที่ 5 (10)		
1	6	8	8	8	8	38	76
2	9	7	9	8	9	42	84
3	9	7	7	9	9	41	82
4	9	10	8	8	9	44	88
5	9	7	8	8	7	39	78
6	9	7	8	8	8	40	80
7	8	6	7	7	8	36	72
8	9	8	8	8	9	42	84
9	9	10	8	9	9	45	90
10	9	9	8	8	7	41	82
11	9	9	9	8	8	43	86
12	9	9	8	8	8	42	84
13	6	9	8	7	8	38	76
14	7	8	9	8	9	41	82
15	9	8	7	8	9	41	82
รวม	126	122	120	120	125	613	1226
เฉลี่ย	8.4	8.13	8.0	8.0	8.33	40.86	81.73
ร้อยละ	84.0	81.3	80.0	80.0	83.3	81.73	

ตาราง 24 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ	
	ก่อนเรียน (30)	หลังเรียน (30)
1	11	24
2	11	23
3	8	22
4	11	24
5	12	21
6	12	26
7	11	20
8	17	25
9	19	25
10	21	27
11	12	26
12	18	27
13	11	24
14	15	23
15	16	25
รวม	205	362
เฉลี่ย	13.67	24.13
ร้อยละ	45.53	80.43

ตาราง 25 หาความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน – หลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

นักเรียนคนที่	สอบก่อนเรียน	สอบหลังเรียน	ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
1	11	24	13	169
2	11	23	12	144
3	8	22	14	196
4	11	24	13	169
5	12	21	9	81
6	12	26	14	196
7	11	20	9	81
8	17	25	8	64
9	19	25	6	36
10	21	27	6	36
11	12	26	14	196
12	18	27	9	81
13	11	24	13	169
14	15	23	8	64
15	16	25	9	81
			$\sum D = 157$	$\sum D^2 = 1763$

ค่า t ที่คำนวณได้ เท่ากับ 11.927

จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 26 แสดงผลคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ก่อนเรียน – หลังเรียน

นักเรียนคนที่	คะแนนเจตคติ ก่อนเรียน	คะแนนเจตคติ หลังเรียน	ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
1	111	129	18	324
2	107	123	16	256
3	121	132	11	121
4	121	142	21	441
5	127	134	7	49
6	123	128	5	25
7	118	134	16	256
8	98	124	26	676
9	113	128	15	225
10	122	140	18	324
11	115	139	24	567
12	92	122	30	900
13	115	127	12	144
14	110	134	24	567
15	110	138	28	784
			$\sum D = 271$	$\sum D^2 = 5677$

ค่า t ที่คำนวณได้ เท่ากับ 9.369

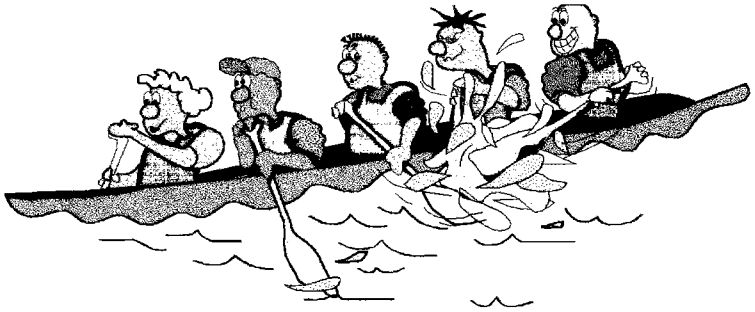
จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากคะแนนของการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ภาคผนวก ฉ

- คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน
- คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู

คู่มือการใช้ชุดทดลอง

เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียน



จัดทำโดย

นางสาวประนอม หมอกกระโทก

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

คำนำ

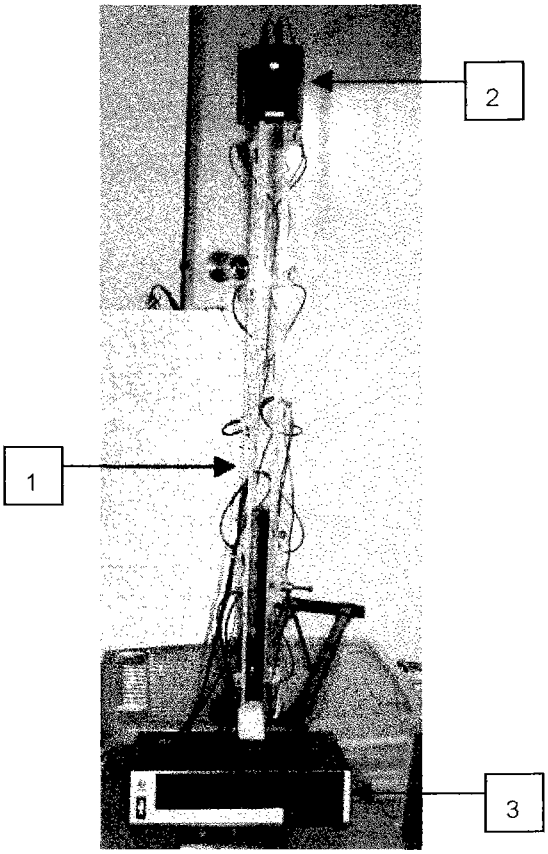
ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับนักเรียนฉบับนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง และส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนฉบับนี้เน้นการปฏิบัติการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อศึกษา อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การตกของวัตถุแบบเสรีภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ซึ่งในการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงครั้งนี้ เป็นการศึกษาของวัตถุเกร็ง (ไม่เปลี่ยนรูปร่าง) ประกอบด้วยการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนตำแหน่ง เช่น การเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล และการหมุน การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยไม่ได้คำนึงถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ใด ๆ นั้นอาจจะหมุนรอบตัวเอง หรือมีการสั่นขณะเคลื่อนที่ด้วยแต่การศึกษาและการคำนวณหาพฤติกรรมในการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้ จะยุ่งยากเกินไป เราจะหลีกเลี่ยงความยุ่งยากเหล่านั้น โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุก้อนเล็ก ๆ โดยตัดพฤติกรรมการหมุน การสั่นสะเทือนออกไปได้ พิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่เท่านั้น

ในคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยวิธีการใช้และการดูแลรักษาชุดทดลอง และมีกิจกรรมการทดลองทั้งหมด 5 การทดลอง โดยในแต่ละการทดลองประกอบด้วย ใบความรู้ ชื่อการทดลอง จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง แบบรายงานการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ การคิด และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

วิธีการใช้และดูแลรักษาชุดทดลอง
เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงมีส่วนประกอบทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

1. ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศากับแนวระดับ
2. ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
3. ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

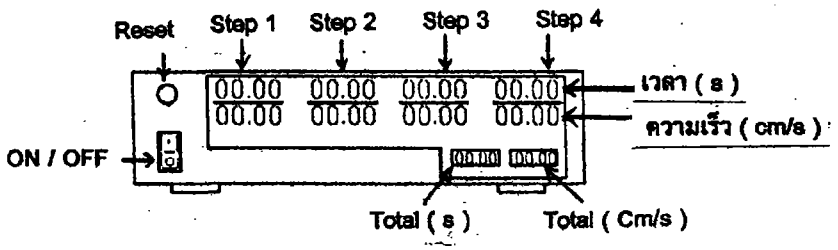
คุณสมบัติของชุดทดลอง

1. ชุดทดลองสามารถจับเวลาได้ 4 ช่วง แต่ละช่วง ไม่เกิน 60 วินาที และเวลารวมทั้งหมดไม่เกิน 99 วินาที

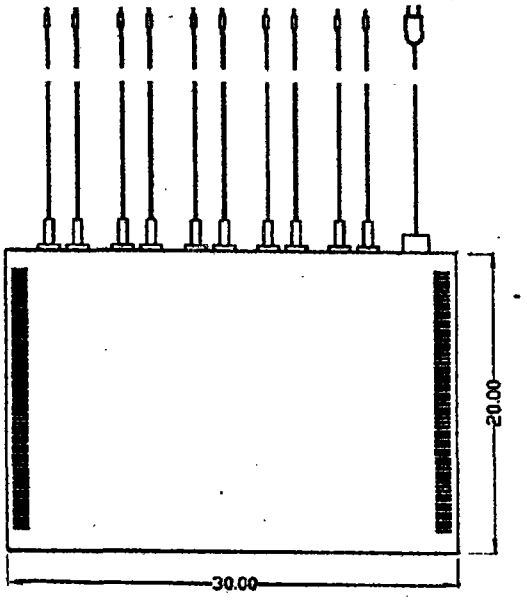
2. ผลการคำนวณความเร็วหลังจุดทศนิยมสามหลักในหน่วยเซนติเมตรต่อวินาที

3. ระยะทางในแต่ละช่วง ของชุดแกนรางเอียงมีค่าเท่ากับ 20 เซนติเมตร ระยะทางรวมตั้งแต่จุดเริ่มต้น ถึง จุดสุดท้ายเป็น 80 เซนติเมตร

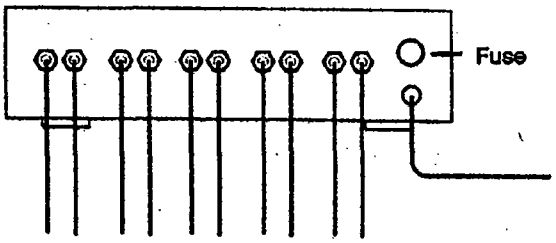
ส่วนประกอบและรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



สายนำสัญญาณ



ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 ชุดที่ 3 ชุดที่ 4



สายนำสัญญาณ

หลักการทำงานของเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุ

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ หรือ กดปุ่ม Reset จะทำให้ PIC16C76 อยู่ในสภาวะเริ่มต้น โดยจะเริ่มต้นกระทำคำสั่งแรก ซึ่งเป็นการตรวจสอบการรับสัญญาณแสง อินฟราเรด ของตัวรับในแต่ละชุด (ชุด Start และ Stop) ว่ามีการรับแสง อินฟราเรด หรือไม่ เพื่อเป็นการตรวจสอบการจัดตำแหน่งของ อินฟราเรด ไดโอดตัวส่ง และ ตัวรับให้ถูกต้อง (ตัวรับแสงทั้งหมดจะต้องได้รับแสง อินฟราเรด จากตัวส่งของแต่ละชุดตลอดเวลา) ถ้าตัวรับตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมดไม่ได้รับแสง อินฟราเรด ก็แสดงว่าการจัดตำแหน่งไม่สมบูรณ์ PIC16C76 จะไม่ยอมกระทำการใดๆ จนกว่าตัวตรวจจับทั้งหมดจะถูกจัดวางตำแหน่งได้ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งจะแสดงผลของการตรวจสอบการจัดตำแหน่งที่ ตัวแสดงผล (7-Segment)ในแต่ละชุด โดยที่ตำแหน่งด้านขวาสุดของแต่ละชุดจะแสดงสถานะของตัวตรวจจับด้าน Start และทางด้านซ้ายสุดจะแสดงสถานะของตัวตรวจจับด้าน Stop ถ้าตำแหน่งไม่สมบูรณ์จะแสดง "E" ในด้านของตัวที่ไม่สมบูรณ์นั้นๆ แต่ถ้าสมบูรณ์จะแสดง "O" เมื่อตัวตรวจจับทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งที่สมบูรณ์แล้ว(เป็น O ทั้งหมด) PIC16C76 จะทำงานต่อไปโดยจะแสดงตัวเลข " 00:00 " ซึ่งหมายความว่า PIC16C76 พร้อมแล้วที่จะทำการตรวจจับเวลาความเร็วของวัตถุ ซึ่งในขณะนี้ PIC16C76 จะทำการตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดด้าน Start (ซึ่งปกติจะมีแสงตกกระทบตลอดเวลา) ว่ามีวัตถุมาบังลำแสงจากตัวส่งหรือไม่ ถ้าไม่มีวัตถุใดๆมาบังแสง ก็จะนำข้อมูลเวลานาฬิกา ซึ่งตอนนี้เป็น 00:00 และยังไม่มีการนับเวลา ไปทำการแสดงผลที่ 7-Segment แล้วกลับมาตรวจสอบอีกและจะวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ไม่มีแสงมาตกกระทบตัวรับแสง จะทำให้ PIC16C76 ตรวจพบและรู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุดเริ่มต้นจะทำให้มันเริ่มต้นการนับเวลาโดยเพิ่มเวลาครั้งละ 1/100 วินาทีและนำเวลานี้ไปแสดงที่ 7-Segment แล้วไปตรวจสอบตัวรับแสงอินฟราเรดทางด้าน Stop ว่ามีวัตถุมาบังลำแสงหรือไม่ (ไม่ไปตรวจสอบที่ตัวรับด้าน Start อีก) ถ้าไม่ มันก็จะไปเพิ่มเวลาโดยบวกเวลาเพิ่มไปอีก 1/100 วินาที แล้ววนกลับมาตรวจสอบตัวรับแสงทางด้าน Stop อีกและวนอยู่จนกระทั่งมีวัตถุมาบังแสง เมื่อมีวัตถุมาบังแสงจะทำให้ PIC16C76 รู้ว่ามีวัตถุกำลังผ่านจุด Stop จะทำให้มันหยุดการนับเวลาและคงค้างเวลาที่หยุดนั้นแล้วนำไปแสดงที่ 7-Segment นั้นคือเวลาและความเร็วของวัตถุจากจุด Start ถึงจุดที่เราต้องการจับเวลา หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณไปให้ PIC16C76 ชุดต่อไปให้เริ่มการนับเวลาต่อใน Step ต่อไป และจะกระทำในลักษณะเดียวกันจนครบทุก Step เมื่อ PIC16C76 หยุดการนับเวลาในแต่ละ Step จะนำเวลาที่นับได้ไปทำการคำนวณเพื่อหาความเร็วซึ่งมีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที และ จะส่งผลการคำนวณไปแสดงผล และจะคงค้างข้อมูลเวลาและผลการคำนวณที่ได้จนกระทั่งมีการกดปุ่ม Reset เมื่อมีการกดปุ่ม Reset จะเป็นการ Reset ตัว PIC16C76 ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้มันกลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ตั้งแต่แรกเปรียบเสมือนกับการจ่ายแรงดันไฟให้กับระบบในครั้งแรก, วงจรถูกออกแบบเพื่อคำนวณความเร็วที่ระยะห่างแต่ละ Step 20 cm ดังนั้นการติดตั้งตัวตรวจจับแต่ละ Step ต้องอยู่ห่างกัน Step ละ 20 cm มิฉะนั้นจะทำให้ผลการคำนวณความเร็วไม่ถูกต้อง

หมายเหตุ PIC16C76 หมายถึง ไอซีประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ตามคำสั่งที่เราได้เขียนโปรแกรมสั่งให้ทำตามที่เราต้องการ

การติดตั้งและวิธีใช้เครื่องจับเวลาความเร็วของวัตถุ

1. ก่อนจะเปิดเครื่องจะต้องต่อ หรือตรวจสอบขั้วของสายนำสัญญาณตัวส่งและตัวรับให้ถูกต้อง โดยสังเกตสีของขั้วนำสัญญาณ และตัวเครื่องต้องมีสีเดียวกัน (ถ้าต่อผิดจะไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย แต่จะไม่สามารถทำงานได้เท่านั้น)

2. ให้เปิดเครื่อง และเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบ ควรติดตั้งตำแหน่งของตัวส่งและตัวรับของชุดที่ใช้ตรวจสอบในช่วง สุดท้ายก่อน โดยสังเกตผลของการตรวจสอบการติดตั้งที่ตัวแสดงผลที่กำลังต่ออยู่

3. เมื่อเสร็จแล้ว ให้ติดตั้งในช่วง ต่อ ๆ มาจนกระทั่งครบทุกช่วง

4. ในระหว่างการติดตั้งควรกดปุ่ม Reset เพื่อตรวจสอบสถานะของการติดตั้งที่ถูกต้องทุกครั้งที่เสร็จในแต่ละช่วง

5. ถ้าการติดตั้งที่ถูกต้องทุกจุด จะแสดงผล 00 : 00 ทั้งหมดแสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้ว

6. เมื่อเครื่องพร้อม สามารถใช้งานได้ทันทีโดยให้วัตถุที่ต้องการจับเวลาวิ่งตัดลำแสงจากจุด Start และเมื่อผ่านช่วง ใดตัวแสดงผลของช่วง นั้นจะแสดงผล

7. การผ่านของวัตถุจะต้องผ่านแต่ละช่วง ตามกันมาจะข้ามช่วง ไม่ได้ เมื่อครบทุกช่วง แล้ว เครื่องจะคงเวลาและผลความเร็วที่ได้จนกว่าจะมีการกดปุ่ม หรือปิดเครื่อง

หมายเหตุ ... วงจรจะทำการตรวจสอบการติดตั้งแบบอัตโนมัติ

การดูแลรักษาชุดทดลอง

1. หลังจากใช้ชุดทดลองแล้ว ให้กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาความเร็ว กดสวิตซ์ปิดเครื่องให้เรียบร้อย ถอดปลั๊กสายไฟออกก่อน หลังจากนั้นให้ถอดสายนำสัญญาณออกจากเครื่องพร้อมกับหมุนสกรูที่ติดกับไดโอดอินฟราเรดออกแล้วจัดเก็บให้เรียบร้อย

2. ชุดแกนรางเอียง สามารถพับให้อยู่ในแนวระดับได้ โดยหมุนสกรูออก ที่ปรับมุมที่ติดกับแกนรางเอียงสามารถถอดออกได้ จะได้ไม่ชำรุดเสียหาย

3. ถอดแจ๊คของเพาเวอร์อะแด๊บเตอร์ออกจากตัวปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเก็บให้เรียบร้อย

4. ระวังอย่าให้ชุดทดลองทั้งหมดตก หรือหล่นลงจากที่สูง อาจจะชำรุดเสียหายได้

5. เก็บในที่ร่ม และที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก และฝุ่นไม่จับ

%%%

การทดลองประกอบชุดทดลอง
เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

การทดลองที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่แนวตรง

การทดลองที่ 2 เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

การทดลองที่ 3 เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

การทดลองที่ 4 เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การทดลองที่ 5 เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

ใบความรู้ประกอบการทดลองที่ 1
เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่แนวตรง

การเคลื่อนที่ (Motion) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุเกร็ง (ไม่เปลี่ยนรูปร่าง) ประกอบด้วยการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนตำแหน่ง เช่น การเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล และการหมุน เช่นการเคลื่อนที่รอบศูนย์กลางมวล การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยไม่ได้คำนึงถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ เรียกว่า **จลนศาสตร์ (Kinematics)**

จลนศาสตร์ของอนุภาค วัตถุใด ๆ อาจจะหมุนรอบตัวเองขณะที่เคลื่อนที่ไป เช่น ลูกเบสบอล ลูกบิลเลียด หรือมีการสั่นขณะที่เคลื่อนที่ก็ได้ ซึ่งเป็นสภาพของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปรากฏอยู่ประจำ การศึกษา และคำนวณหาพฤติกรรม การเคลื่อนที่ของวัตถุเช่นนี้ จะยุ่งยากเกินไป ดังนั้น เราอาจจะหลีกเลี่ยงความยุ่งยากเหล่านั้นได้ โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุก้อนเล็กมาก ๆ ซึ่งจัดเป็นอนุภาคเลยก็ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือมองวัตถุเป็นจุดมวลนั่นเอง เมื่อเป็นเช่นนี้ อนุภาควัตถุจะไม่มีความยาวหรือความหนาเลย และสามารถตัดพฤติกรรมการหมุน การสั่นสะเทือนออกไปได้ พิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่เท่านั้น

การเคลื่อนที่ในแนวตรง (Linear Motion)

การเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบง่ายที่สุดของการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนตำแหน่ง การเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุเกร็งเป็นการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล

ศูนย์กลางมวล (Centre of Mass) เป็นจุดซึ่งเสมือนที่รวมของมวลทั้งหมดของวัตถุ ศูนย์กลางมวลของวัตถุเกร็งเป็นจุดเดียวกับศูนย์ถ่วง (จุดแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุ)

ปริมาณทางฟิสิกส์ มี 2 ปริมาณ ดังนี้

1. ปริมาณเวกเตอร์ (Vector Quantity) คือ ปริมาณที่บอกทั้งขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม น้ำหนัก การขจัด เป็นต้น

2. ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantity) คือ ปริมาณที่บอกขนาดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น เวลา มวล ระยะทาง อัตราเร็ว ปริมาตร ความหนาแน่น เป็นต้น

กรอบอ้างอิง (Frames of Reference)

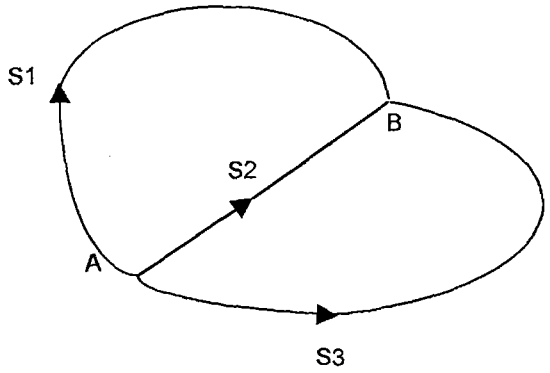
ตำแหน่ง หรือการกระจัด จะเป็นการวัดในกรอบอ้างอิงหนึ่ง คืออาจจะเป็นระบบพิกัดซึ่งติดอยู่กับพื้นผิวโลก ในทางดาราศาสตร์ตำแหน่งอาจจะวัดโดยเทียบกับดาวดวงหนึ่ง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าสิ่งซึ่งเราใช้อ้างอิงในการวัดนั้นไม่เจาะจง (Arbilary) เมื่อเป็นเช่นนี้แสดงว่า กรอบอ้างอิงนั้น น่าจะมีผลกระทบต่อสมการหรือผลเฉลย (Solution) ของปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้ กรอบอ้างอิงควรจะเป็นระบบที่หยุดนิ่งกับที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งเรียกว่า **กรอบอ้างอิงเฉื่อย**

ระยะทาง (Distance) หมายถึง ความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ทั้งหมดเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีแต่ขนาดเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็นเมตร ระยะทางใช้สัญลักษณ์ " S "

การกระจัด (Displacement) คือ เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย มีหน่วยเป็นเมตร การกระจัดใช้สัญลักษณ์ " $\vec{S}$ "

ตัวอย่าง 1 ระยะทางและการกระจัด

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B ตามเส้นทาง S1 จะได้ระยะทาง S1 การกระจัด S2
ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B ตามเส้นทาง S2 จะได้ระยะทาง S2 การกระจัด S2
ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B ตามเส้นทาง S3 จะได้ระยะทาง S3 การกระจัด S2



ภาพประกอบ 1 แสดงระยะทางและการกระจัด

อัตราเร็ว (Speed) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนระยะทางเทียบกับเวลา หรือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ทิศทางเดียวตลอด ขนาดของความเร็วจะเท่ากับอัตราเร็ว อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ ใช้สัญลักษณ์ " ***V*** "

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยทั่วไปอัตราเร็วของวัตถุจะไม่เท่ากัน ตลอดระยะทางที่เคลื่อนที่จึงบอกเป็นอัตราเร็วเฉลี่ย อัตราเร็วเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ดังสมการ

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้}}$$

เมื่อให้ V_{ave} = อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที หรือ m/s
S = ระยะทาง มีหน่วยเป็น เมตร หรือ m
t = เวลา มีหน่วยเป็น วินาที หรือ s

ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{ave} = \frac{S}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\ 1\ )$$

อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous Speed) หมายถึง อัตราเร็ว ณ เวลานั้น หรือตำแหน่งนั้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งอัตราเร็วที่ใช้กันทั่วไปในชีวิตประจำวัน เป็นอัตราเร็วขณะหนึ่ง เช่น อัตราเร็วที่อ่านได้จากมาตรวัดในรถยนต์

การทดลองที่ 1
เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่แนวตรง

จุดประสงค์ เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้
2. เปรียบเทียบอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้
3. อธิบายอัตราเร็วเฉลี่ย ในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

เวลาที่ใช้ทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง จำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีการใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติ จากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลองดังภาพประกอบ 2

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ

ภาพประกอบ 2 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ติดตั้งชุดทดลองให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานสังเกตหน้าจอแสดงผลเป็น " 00 : 00"
3. ก่อนทดลองให้กดปุ่ม Reset ก่อน และให้นักเรียนใช้มือของนักเรียนเคลื่อนที่ผ่านจุดเริ่มต้นแต่ละช่วงที่กำหนด จากจุดเริ่มต้น ถึงจุดสุดท้าย ครั้งที่ 1 แบบช้า ครั้งที่ 2 แบบเร็ว
4. สังเกตเวลา และอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แต่ละกรณีจากชุดทดลองแล้วบันทึกผลการทดลอง
5. วางลูกเหล็กที่จุดเริ่มต้นในชุดแกนรางเอียง กดปุ่ม Reset ก่อนทดลอง ครั้งที่ 3 ใช้มือผลักลูกกลมเหล็กอย่างรวดเร็วให้เคลื่อนที่ผ่านจุดต่าง ๆ ทั้ง 4 ช่วง แล้วอ่านค่าเวลา และอัตราเร็วของลูกกลมเหล็ก บันทึกผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายการทดลองและอภิปรายสรุป

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองแต่ละกรณี เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กเท่ากันหรือไม่อย่างไร
2. จากการทดลอง อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กในแต่ละกรณีเท่ากันหรือไม่อย่างไร
3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และอัตราเร็วของวัตถุ สัมพันธ์กันอย่างไร
4. จากการทดลองของนักเรียน สรุปผลเกี่ยวกับอัตราเร็วได้ว่าอย่างไร

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่.....1.....เรื่อง.....

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	เวลา (วินาที)			อัตราเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1						
2						
3						
4						
เฉลี่ย						

หมายเหตุ 1. ครั้งที่ 1 ใช้มือเคลื่อนที่ผ่านแบบช้า

2. ครั้งที่ 2 ใช้มือเคลื่อนที่ผ่านแบบเร็ว

3. ครั้งที่ 3 ใช้มือผลักลูกกลมเหล็กอย่างรวดเร็ว

4. ช่วงที่ 1 , 2, 3 และ 4 หมายถึง ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งกำหนดแต่ละช่วงเท่ากับ 20 เซนติเมตร

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองแต่ละกรณี เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กเท่ากันหรือไม่อย่างไร

ตอบ.....

.....

2. จากการทดลอง อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กในแต่ละกรณีเท่ากันหรือไม่อย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และอัตราเร็วของวัตถุ สัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

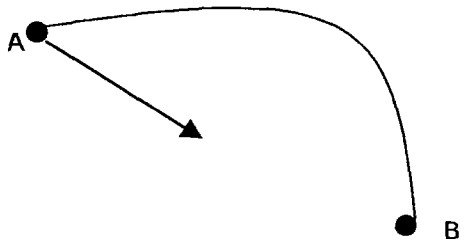
.....

แบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรง

<u>คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว</u>

1. วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ตามแนวเส้นดังรูป ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องในช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B

    1. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่เท่ากับความยาวของเส้นโค้ง AB
    2. ขนาดของการกระจัดเท่ากับระยะทาง
    3. ระยะทางมีทิศดังแสดงด้วยหัวลูกศรในรูป



คำตอบที่ถูกต้อง

ก. ข้อ 1

ข. ข้อ 2

ค. ข้อ 1 , 2

ง. ข้อ 1 , 3

2. นาย ดำ เดินทางไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะทาง 100 เมตร แล้วเดินย้อนกลับไปทางทิศตะวันตกเป็นระยะทาง 20 เมตร ระยะทางทั้งหมดที่นาย ดำ เดินไปได้มีค่าเท่าไร

    ก. 20 เมตร

    ข. 80 เมตร

    ค. 100 เมตร

    ง. 120 เมตร

3. จากข้อ 2 การกระจัดจากจุดเริ่มต้นของนายดำ คือข้อใด

    ก. 20 เมตรไปทางทิศตะวันออก

    ข. 80 เมตรไปทางทิศตะวันออก

    ค. 100 เมตรไปทางทิศตะวันออก

    ง. 120 เมตรไปทางทิศตะวันตก

4. อัตราเร็วมีความหมายตรงกับข้อใด

    ก. ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

    ข. อัตราเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

    ค. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

    ง. การกระจัดที่ไปได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

5. อัตราเร็วขณะหนึ่ง คือข้อใด
   ก. ความเร็วที่เวลาใดเวลาหนึ่ง
   ข. อัตราเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ
   ค. ระยะทางที่เวลาใดเวลาหนึ่ง
   ง. การกระจัดต่อเวลาในช่วงเวลาสั้น ๆ

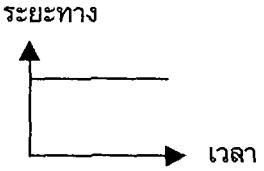
6. อัตราเร็วเฉลี่ย คือข้อใด
   ก. ระยะทางหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ข. ระยะทางคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ค. การกระจัดหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ง. การกระจัดคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา

7. รถยนต์โดยสารคันหนึ่งวิ่งจากจังหวัดหนึ่งไปยังอีกจังหวัดหนึ่งใช้เวลาเดินทาง 3 ชั่วโมง โดยใช้อัตราเร็วเป็น 40 , 80 , 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในชั่วโมงที่ 1 , 2 , 3 ตามลำดับ จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยของรถยนต์โดยสาร
   ก. 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ข. 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ค. 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
   ง. 210 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

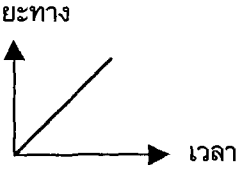
8. ข้อใดเป็นปริมาณเวกเตอร์
   ก. เวลา
   ข. ระยะทาง
   ค. อัตราเร็ว
   ง. การกระจัด

9. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยอัตราเร็วคงตัวจะได้กราฟระหว่างระยะทางกับเวลา ตามรูปในข้อใด

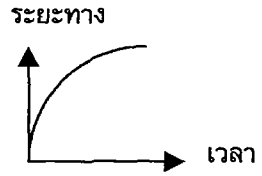
ก.



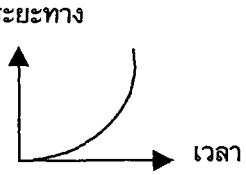
ข.



ค.



ง.



10. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ได้ 30 กิโลเมตร ในครึ่งชั่วโมงแรกและเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 กิโลเมตร ในครึ่งชั่วโมงต่อมา อัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่าใด

ก. 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข. 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค. 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ใบความรู้ประกอบการทดลองที่ 2
เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

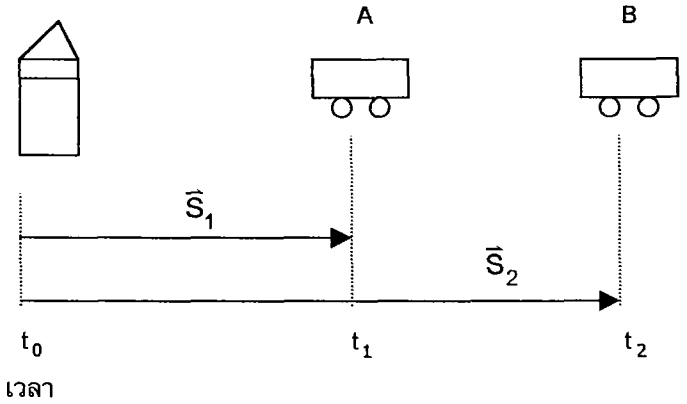
สาระสำคัญ

ความเร็ว (Velocity ; $\vec{V}$) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัดในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็น เมตร ต่อ วินาที หรือ m / s เนื่องจากการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร็วจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ด้วย โดยทิศทางของความเร็วจะเป็นทิศของการกระจัดที่เปลี่ยนไป ตามสมการ

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} \quad \text{.....(1)}$$

หรือ $$\vec{V} = \frac{\vec{S}_2 - \vec{S}_1}{t_2 - t_1}$$

ตำแหน่งอ้างอิง

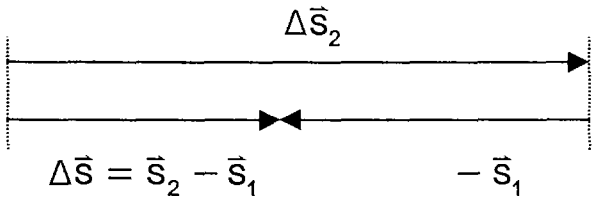


ภาพประกอบ 3 แสดงการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่ง

จากภาพประกอบ 3 พิจารณารถยนต์คันหนึ่ง เคลื่อนที่ผ่านตู้ไปรษณีย์ที่เวลา t_0 หลังจากเวลาผ่านไปเป็น t_1 รถเคลื่อนที่ไปอยู่ ณ ตำแหน่ง A หลังจากนั้นก็เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง B ที่เวลา t_2 ถ้ากำหนดให้ตู้ไปรษณีย์ เป็นตำแหน่งอ้างอิงและให้เวลา $t_0 = 0$ จะได้ว่า ที่เวลา t_1 การกระจัดของรถเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงจะเป็น $\vec{S}_1$ และที่เวลา t_2 การกระจัดของรถจะเป็น $\vec{S}_2$ ดังนั้น ในช่วงเวลา $t_2 - t_1$ การกระจัดของรถเปลี่ยนไปเท่ากับ $\vec{S}_2 - \vec{S}_1$ ซึ่งอาจจะเขียนอัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัดของรถหรือความเร็วของรถในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นดังสมการ

$$\vec{V} = \frac{\vec{S}_2 - \vec{S}_1}{t_2 - t_1}$$

หรือ $$\vec{V} = \frac{\Delta\vec{S}}{\Delta t}$$



ภาพประกอบ 4 เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงการกระจัด $\Delta\vec{S}$

จากภาพประกอบ 4 จะเห็นได้ว่า ทิศทางของความเร็ว $\vec{V}$ จะเป็นทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงการกระจัด $\Delta\vec{S}$ ถ้าช่วงเวลา Δt ที่พิจารณามีค่าน้อยมาก (นั่นคือ $\Delta t \rightarrow 0$) ความเร็วตามสมการ 2 จะเป็นความเร็วขณะหนึ่ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงเวลา Δt หรือเขียนได้

$$\vec{V}_{\text{ขณะหนึ่ง}} = \left(\frac{\Delta\vec{S}}{\Delta t}\right) \; ; \; \Delta t \rightarrow 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ความเร็วขณะหนึ่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะไม่คงตัวตลอดเวลา นั่นคืออาจมีขนาดเปลี่ยนแปลง หรือ อาจมีทิศทางเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป

การบอกความเร็วของการเคลื่อนที่ จึงอาจบอกในรูป ความเร็วเฉลี่ย ($\vec{V}_{ave}$)ในช่วงเวลาทั้งหมดที่พิจารณา ซึ่งอาจเขียนได้เป็น

$$\vec{V}_{ave} = \frac{\Delta\vec{S}}{\Delta t}$$

$$\vec{V}_{ave} = \frac{\Delta\vec{S}_1 + \Delta\vec{S}_2 + \Delta\vec{S}_3 + \ldots + \Delta\vec{S}_n}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \ldots + \Delta t_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

การทดลองที่ 2
เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

จุดประสงค์ เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความเร็วของวัตถุจากการทดลองได้
2. คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยจากการทดลองได้
3. อธิบายความเร็วจากกราฟของขนาดการกระจัดกับเวลาได้

อุปกรณ์การทดลอง

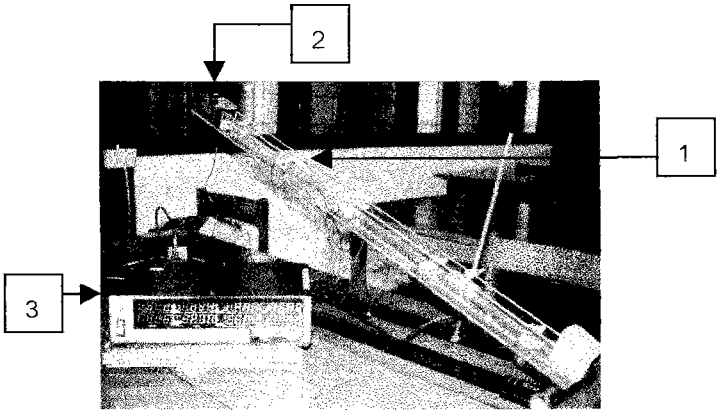
1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลอง และติดตั้งชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงดังภาพประกอบ 5

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 5 แสดงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

2. ปรับแกนรางเอียงให้อยู่ที่มุม 5 องศา กับแนวระดับและหมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
3. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงานโดยการสังเกตที่หน้าจอแสดงผล จะปรากฏ " 00:00" ขึ้นให้เห็นทุกช่วง (ใช้เทปกาวปิดหน้าจอแสดงผลความเร็วไว้ก่อน)
4. วางวัตถุที่จุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสังเกตหลอด LED ที่จุดปล่อยจะสว่าง
5. กดสวิตช์ ปล่อยวัตถุ วัตถุจะหลุดจากแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสังเกตหลอด LED จะไม่สว่าง
6. อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องจับเวลาในแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่ บันทึกผลการทดลองที่ได้

7. กดปุ่ม Reset หน้าจอแสดงผลจะปรากฏ "00:00" แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 2 - 6 โดยเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงเป็น 10 , 15 และ 20 องศาตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

8. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ตอบคำถาม และสรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองเมื่อเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไร

2. จากการทดลองแต่ละครั้ง ในแต่ละ ช่วง ความเร็วในการเคลื่อนของลูกกลมเหล็กมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

3. จากการทดลองใน ช่วงที่ 1 และใน ช่วงที่ 4 จงเปรียบเทียบความเร็วของการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็ก เป็นอย่างไรบ้าง

4. จากการทดลองเมื่อเขียนกราฟระหว่างเวลา กับ การกระจัด กราฟที่ได้ทั้ง 4 เส้นเป็นอย่างไรบ้างจงอธิบายพอสังเขป

5. กราฟที่ได้จากการทดลอง หมายถึงปริมาณใด

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่...2.....เรื่อง.....

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	การกระจัด (cm)	มุมของแกนรางเอียงทำกับแนวระดับ (องศา)							
		5 องศา		10 องศา		15 องศา		20 องศา	
		เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
1	20								
2	20								
3	20								
4	20								
รวม	80								

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

การกระจัด (เซนติเมตร)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)			
	มุม 5 องศา	มุม 10 องศา	มุม 15 องศา	มุม 20 องศา
20				
40				
60				
80				

คำนวณหาความเร็วจากผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด กับ เวลา</u>

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองเมื่อเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็ก มีแนวโน้มเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

2. จากการทดลองแต่ละครั้ง ในแต่ละช่วง ความเร็วของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไรบ้าง

ตอบ.....

.....

3. จากการทดลอง ใน ช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 4 จงเปรียบเทียบความเร็วของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไรบ้าง

ตอบ.....

.....

4. จากการทดลองเมื่อเขียนกราฟระหว่างเวลา กับ การกระจัด กราฟที่ได้ทั้ง 4 เส้นเป็นอย่างไรบ้างจงอธิบายพอสังเขป

ตอบ.....

.....

.....

.....

5. จากกราฟที่ได้จากการทดลอง หมายถึง อะไร

ตอบ.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

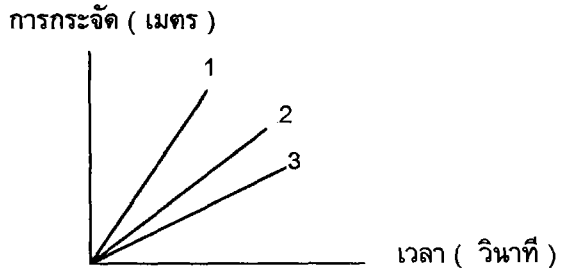
.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 2 การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

<u>คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว</u>

1. ความเร็วเฉลี่ย คือข้อใด
   ก. ระยะทางหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ข. ระยะทางคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ค. การกระจัดหารด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
   ง. การกระจัดคูณด้วยช่วงเวลาที่พิจารณา
2. ข้อใดเป็นนิยามของความเร็ว
   ก. การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
   ข. ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
   ค. อัตราเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
   ง. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
3. จากกราฟระหว่างการกระจัดและเวลาของรถ 3 คัน รถคันใดมีความเร็วมากที่สุด



   ก. คันที่ 1
   ข. คันที่ 2
   ค. คันที่ 3
   ง. ทั้ง 3 คันมีความเร็วเท่ากัน
4. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ดังตาราง เมื่อระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร และเวลา มีหน่วยเป็นวินาที ความเร็วที่วินาทีที่ 2 มีค่าเท่าใด

ระยะทาง (เมตร)	0	4	16	28	40
เวลา (วินาที)	0	1	2	3	4

   ก. 8 เมตรต่อวินาที
   ข. 12 เมตรต่อวินาที
   ค. 16 เมตรต่อวินาที
   ง. 20 เมตรต่อวินาที

5. รถไฟขบวนหนึ่งแล่นด้วยอัตราเร็วคงที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ระยะทางเท่าไร
   ก. 15 กิโลเมตร
   ข. 20 กิโลเมตร
   ค. 180 กิโลเมตร
   ง. 200 กิโลเมตร
6. ข้อใดเป็นรูปแบบการสื่อความหมายข้อมูล
   ก. กราฟ
   ข. แผนภาพ
   ค. การบรรยาย
   ง. ถูกทุกข้อ
7. ข้อใดเป็นข้อมูลที่จัดกระทำแล้ว
   ก. ข้อมูลจากการสังเกต
   ข. ข้อมูลจากการทดลอง
   ค. ข้อมูลเดิมที่ได้จากการวัด
   ง. ข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนและเข้าใจง่าย
8. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ในเวลา 20 วินาที ได้การกระจัด 200 เมตร ไปทางทิศตะวันออก รถยนต์คันนี้มีความเร็วเฉลี่ยเท่าใด และไปทางทิศใด
   ก. 5 เมตรต่อวินาที ทางทิศตะวันออก
   ข. 10 เมตรต่อวินาที ทางทิศตะวันออก
   ค. 5 เมตรต่อวินาที ทางทิศตะวันตก
   ง. 10 เมตรต่อวินาที ทางทิศตะวันตก
9. กราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วคงตัว ความชันของกราฟที่ได้หมายถึงปริมาณในข้อใด
   ก. ระยะทาง
   ข. ขนาดความเร็วของวัตถุ
   ค. ขนาดความเร่งของวัตถุ
   ง. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
10. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
   ก. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เร็ว ความชันของกราฟการกระจัดกับเวลาจะมีค่ามาก
   ข. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ช้า ความชันของกราฟการกระจัดกับเวลาจะมีค่ามาก
   ค. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เร็ว ความชันของกราฟการกระจัดกับเวลาจะมีค่าน้อย
   ง. ไม่มีข้อใดถูก

ใบความรู้ประกอบการทดลองที่ 3
เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

สาระสำคัญ

ความเร่ง (Acceleration) เป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือทั้งขนาด และทิศทางพร้อมกันก็ได้ เนื่องจากความเร็วที่เปลี่ยนไปเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น ความเร่งจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ และแทนด้วย "$\vec{a}$"

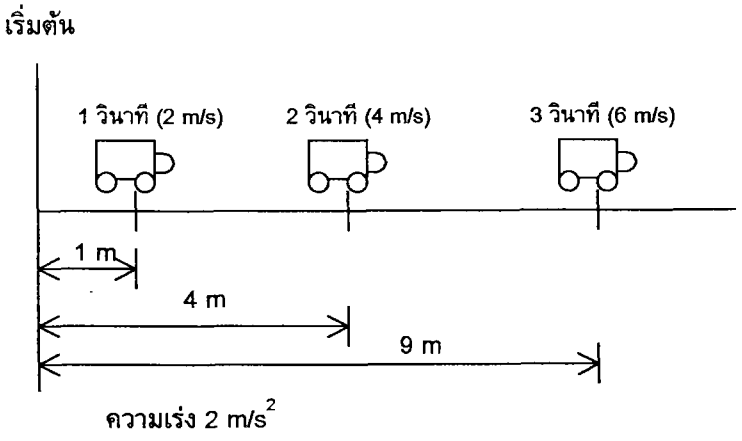
สำหรับค่าความเร่งในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ใด ๆ เรียกว่า ความเร่งเฉลี่ย $\vec{a}_{ave}$ (Average acceleration) ซึ่งเป็น อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมด กับ ช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น

$$\vec{a}_{ave} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

หน่วยของความเร่งในระบบเอสไอ คือ เมตรต่อวินาที^{2} หรือ (m/s^2) สำหรับช่วงเวลา Δt มีค่าน้อย ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ ความเร่งในช่วงเวลา ดังกล่าวจะเป็น ความเร่งขณะหนึ่ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงเวลา Δt นั้น

ดังสมการ $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ เมื่อ Δt เข้าใกล้ศูนย์.....(1)

$$\text{ความเร่ง} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงความเร็ว(เมตรต่อวินาที)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลง(วินาที)}}$$



ภาพประกอบ 6 แสดงการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่ง

การทดลองที่ 3
เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

จุดประสงค์ เมื่อทำการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองและศึกษาความเร่งของวัตถุจากการทดลองได้
2. หาความเร่งจากกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้
3. คำนวณหาความเร่ง และเปรียบเทียบความเร่งของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้
4. แปลความหมายจากกราฟการทดลองระหว่าง ความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที (2 คาบ)

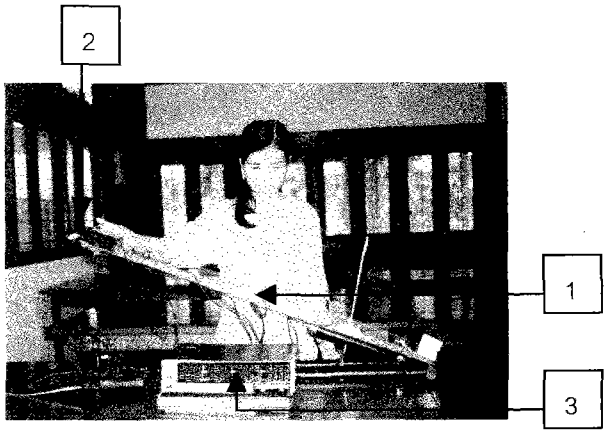
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีการใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 7 แสดงชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 7 แสดงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ติดตั้งชุดทดลองตามวิธีการใช้ชุดทดลอง ให้ชุดทดลองอยู่ในสภาพพร้อมทำงาน
3. ปรับมุมของแกนรางเอียงที่ระดับ 5 องศากับแนวระดับ หมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
4. นำลูกกลมเหล็กไว้ที่จุดปล่อยวัตถุ โดยการกดสวิตซ์ตัวปล่อยวัตถุแล้วติดลูกกลมเหล็กไว้
5. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาความเร็วของวัตถุเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการทำงาน
6. กดสวิตซ์ตัวปล่อยวัตถุ ลูกกลมเหล็กจะเคลื่อนที่ตามแกนรางเอียงผ่านตัดลำแสงของ ไดโอดอินฟราเรด แต่ละช่วงที่กำหนดในแต่ละช่วง
7. สังเกตเวลา และความเร็วของลูกกลมเหล็ก แต่ละช่วง บันทึกผลการทดลองไว้
8. ปรับมุมของแกนรางเอียงที่ 10 องศา , 15 องศา และ 20 องศากดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลา

และความเร็ว และทดลองซ้ำข้อ 4 – 7 บันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผล

9. วิเคราะห์ข้อมูล และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของวัตถุ

10. หาค่าความชันของกราฟ และสรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. ความเร่งจากการทดลองหาได้อย่างไร
2. ความเร่งของลูกกลมเหล็กบนแกนรางเอียงแต่ละครั้งในกรณีที่แกนรางเอียงทำมุมแตกต่างกัน ความเร่งมีค่าเท่ากันหรือไม่อย่างไร
3. ถ้ามุมของแกนรางเอียงมีค่าเท่ากัน ความเร่งในแต่ละช่วง ของการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร็ว กับ เวลาเป็นอย่างไร
5. จากข้อมูลการทดลองความชันของกราฟที่ได้ หมายถึงค่าของอะไร และมีค่าเท่าไร

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่.....3.....เรื่อง.....

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ (องศา)					
	มุม 5 องศา		มุม 10 องศา		มุม 15 องศา	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
1						
2						
3						
4						
รวม						

หมายเหตุ - การกระจัดแต่ละช่วง กำหนดเป็น 20 เซนติเมตร

- การกระจัดรวมทั้งหมดเป็น 80 เซนติเมตร

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

การกระจัด (cm)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ (องศา)					
	มุม 5 องศา		มุม 10 องศา		มุม 15 องศา	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
20						
40						
60						
80						

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว กับ เวลา

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. ความเร่งจากการทดลองหาได้อย่างไร

ตอบ.....

.....

2. ความเร่งของลูกกลมเหล็กบนแกนรางเอียงแต่ละกรณีที่แกนรางเอียงทำมุมแตกต่างกัน ความเร่งแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

3. ถ้ามุมของแกนรางเอียงมีค่าเท่ากัน ความเร่งในแต่ละช่วง ของลูกกลมเหล็กเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ.....

.....

4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร็ว กับ เวลาเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

5. จากข้อมูลการทดลองความชันของกราฟที่ได้ หมายถึงค่าของอะไร และมีค่าเท่าไร

ตอบ.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

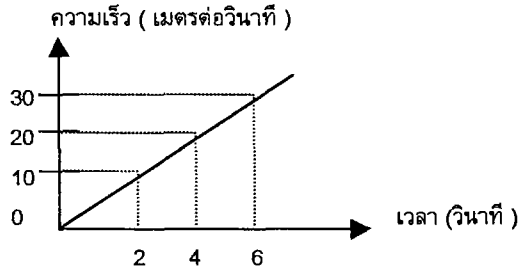
แบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 3 การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

<u>คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว</u>

1. ข้อใดเป็นนิยามทั่วไปของความเร่ง
   - ก. อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว
   - ข. อัตราการเพิ่มขึ้นของความเร็ว
   - ค. อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัด
   - ง. อัตราการเปลี่ยนอัตราเร็ว
2. การทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุพบว่าได้ผลดังตาราง

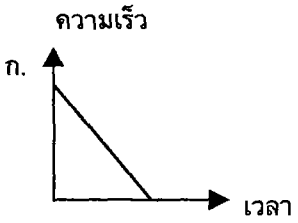
เวลา (วินาที)	0	1	3	4	7	8
ขนาดความเร็ว(เมตรต่อวินาที)	0	1	10	12	17	19

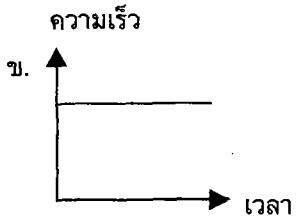
วัตถุนี้มีการเคลื่อนที่อย่างไร
   - ก. เคลื่อนที่เร็วขึ้นและช้าลง
   - ข. เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ
   - ค. เคลื่อนที่โดยมีขนาดความเร่งคงที่
   - ง. เคลื่อนที่โดยมีขนาดความเร่งเพิ่มขึ้นทุก ๆ ขณะ
3. จากกราฟความเร็ว – เวลา ที่กำหนดให้จงหาว่าความเร่งขณะหนึ่ง ณ เวลา 4.2 วินาที เป็นเท่าไร

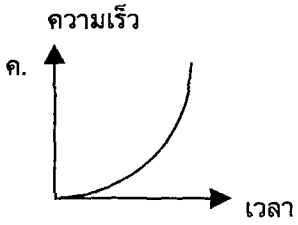


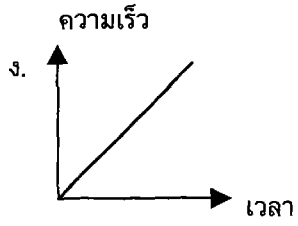
   - ก. 4.4 เมตรต่อวินาที^{2}
   - ข. 4.6 เมตรต่อวินาที^{2}
   - ค. 4.8 เมตรต่อวินาที^{2}
   - ง. 5.0 เมตรต่อวินาที^{2}
4. วัตถุที่มีความเร็วคงตัว จะมีความเร่งเป็นอย่างไร
   - ก. เป็นลบ
   - ข. เป็นบวก
   - ค. เป็นศูนย์
   - ง. เป็นได้ทุกกรณี

5. ปล่อยวัตถุไถลลงตามพื้นเอียง กราฟความเร็วกับเวลาควรเป็นรูปใด

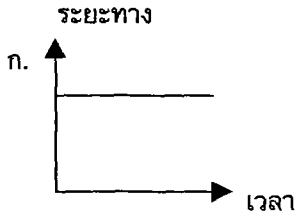
ก.


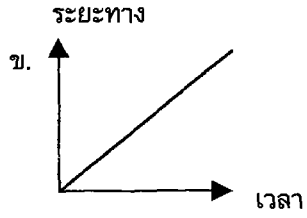
ข.


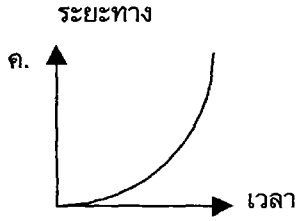
ค.


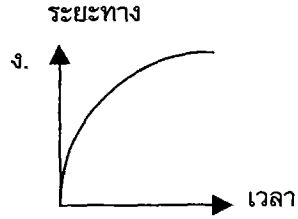
ง.


6. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ กราฟระหว่างระยะทางกับเวลาควรเป็นรูปใด

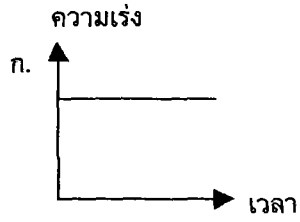
ก.


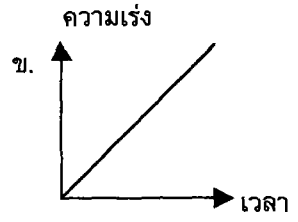
ข.


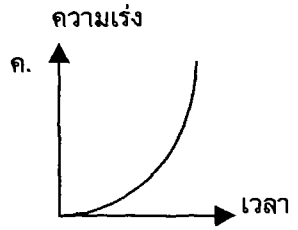
ค.


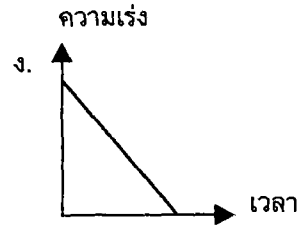
ง.


7. นายมอส ขับรถโดยเพิ่มความเร็วขึ้นอย่างสม่ำเสมอ กราฟระหว่างความเร่งกับเวลาควรเป็นรูปใด

ก.


ข.


ค.


ง.


8. วัตถุที่มีความเร่งจะมีลักษณะเป็นอย่างไรตลอดเวลา

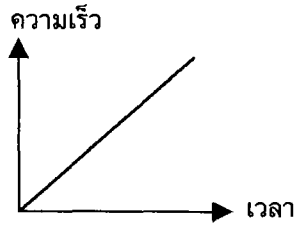
ก. เปลี่ยนทิศทาง

ข. มีความเร็วเพิ่มขึ้น

ค. เปลี่ยนความเร็ว

ง. ถูกทุกข้อ

9. เมื่อเขียนกราฟระหว่างความเร็วของรถยนต์คันหนึ่งกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ได้กราฟเป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูป เราจะสรุปได้ว่าอย่างไร



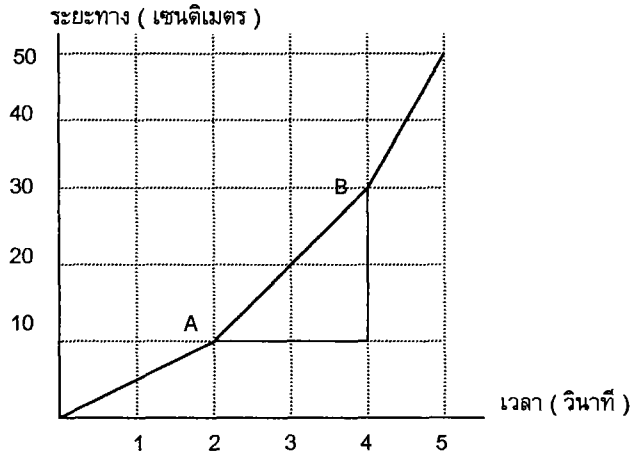
ก. รถยนต์หยุดนิ่งอยู่กับที่

ข. รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วที่ลดลง

ค. รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วคงตัว

ง. รถยนต์วิ่งด้วยความเร่งคงตัว

10. ความเร็วเฉลี่ยของวัตถุจากจุด A ถึง จุด B จากกราฟระยะทาง – เวลา เป็นเท่าไร



ก. 4 เซนติเมตรต่อวินาที

ข. 5 เซนติเมตรต่อวินาที

ค. 10 เซนติเมตรต่อวินาที

ง. 20 เซนติเมตรต่อวินาที

ใบความรู้ประกอบการทดลองที่ 4
เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

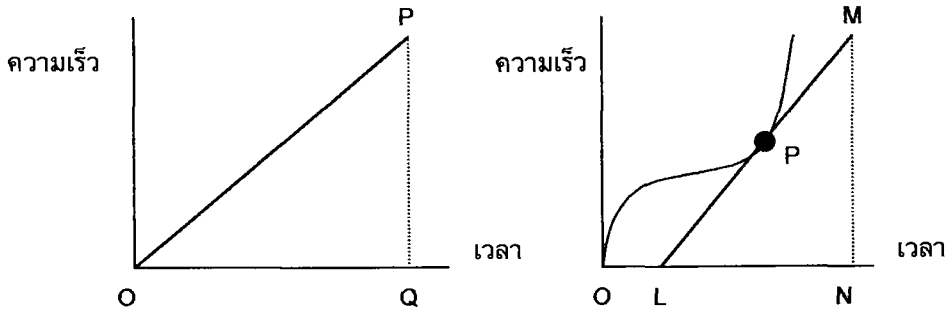
สาระสำคัญ

การตกแบบเสรี (Free Fall) เป็นการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ ถ้าพิจารณาโดยหลักการทางฟิสิกส์ จะพบว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบมีความเร่ง ซึ่งมีทั้งแบบความเร่งคงตัว และแบบความเร่งเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัว โดยจะศึกษาจาก การตกแบบเสรี ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปล่อยให้ตกภายใต้แรงดึงดูดของโลกเพียงอย่างเดียว (ไม่คิดแรงต้านหรือแรงเสียดทานอากาศ) ความเร็วของวัตถุที่ตกแบบเสรีจะเปลี่ยนไปอย่างไร ขนาดของความเร่งมีค่าเท่าไร ศึกษาจากการทดลอง

วัตถุที่ถูกปล่อยให้ตกแบบเสรีนั้นจะมีขนาดของความเร็วเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงตัว เพราะ ว่ากราฟที่เขียนระหว่างความเร็วกับเวลาเป็นเส้นตรง ความชันของเส้นกราฟ ($\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$) คือความเร่งเฉลี่ยของการเคลื่อนที่เนื่องจากความเร่งเฉลี่ยนี้มีค่าคงตัวตลอด ดังนั้นความเร่งเฉลี่ยที่ได้ก็คือ ความเร่งขณะหนึ่ง

ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบเสรีนี้ คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (Acceleration due to gravity) ซึ่งเราใช้ $\vec{g}$ เป็นสัญลักษณ์ g มีค่า 9.80665 เมตรต่อวินาที^{2} เพื่อความสะดวกในการคำนวณมักใช้ค่า g = 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} หรือ อาจใช้ g = 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ความเร่งจากกราฟความเร็ว – เวลา



(ก) ความเร่งคงตัว (ข) ความเร่งไม่คงตัว

ภาพประกอบ 8 แสดงกราฟความเร็ว – เวลา ของวัตถุ

จากภาพประกอบ 8 (ก) ความเร่ง = ความชันของ OP = $\frac{PQ}{OQ}$

จากภาพประกอบ 8 (ข) ความเร่งที่ P = ความชันของเส้นสัมผัส LPM

$= \frac{MN}{LN}$

การทดลองที่ 4
เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์ เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. หาขนาดความเร็วเฉลี่ยของวัตถุที่ตกแบบเสรีได้
2. เขียนกราฟระหว่างขนาดของความเร็วกับเวลาได้
3. หาขนาดของความเร่งเฉลี่ยจากกราฟได้

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

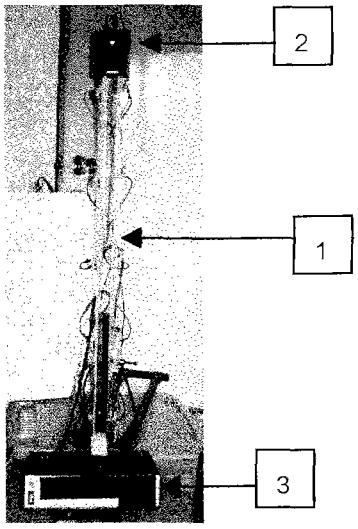
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาและติดตั้งชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงตามรายละเอียดคู่มือวิธีการใช้ชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 9

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 9 แสดงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ตรวจสอบชุดทดลองให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำงาน โดยปรับชุดแกนรางเอียงให้อยู่แนวตั้งฉาก คือ ทำมุม 90 องศา กับแนวระดับ และเครื่องจับเวลาจะแสดง " 00 : 00" กดปุ่ม Reset
3. นำลูกกลมเหล็กไว้ที่จุดปล่อยวัตถุ แม่เหล็กไฟฟ้า โดยกดสวิตซ์สังเกตหลอด LED จะสว่าง
4. กดสวิตซ์ปล่อยลูกกลมเหล็กให้เคลื่อนที่ สังเกตหลอด LED จะไม่สว่าง อ่านค่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และความเร็วของลูกกลมเหล็ก ในแต่ละช่วง บันทึกผลการทดลอง

5. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

6. นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วเฉลี่ยกับเวลา โดยกำหนดให้แกน X แทนเวลา t แกน Y แทนความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วง

คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้จากการทดลองการตกแบบเสรีของวัตถุมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร็วกับเวลาเป็นอย่างไร
3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่.....4.....เรื่อง.....

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	ระยะทาง (เซนติเมตร)	เวลา (วินาที) ครั้งที่				ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที) ครั้งที่			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	20								
2	20								
3	20								
4	20								
รวม	80								

ตางรางการจัดกระทำข้อมูล

ระยะทาง (เซนติเมตร)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)
20		
40		
60		
80		

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วเฉลี่ยกับเวลา

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร็วขณะหนึ่งกับเวลา เป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

ตอบ.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

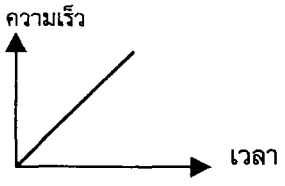
.....

แบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 4 การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

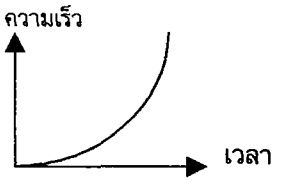
<u>คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว</u>

1. ในการตกแบบเสรี ถ้าไม่คิดความต้านทานของอากาศขณะวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น หรือ เคลื่อนที่ลง ตามแนวดิ่ง ปริมาณใดที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่และมีค่าคงตัว
   - ก. ความเร่ง
   - ข. ความเร็วสุดท้าย
   - ค. ความเร็วเฉลี่ย
   - ง. ความเร็วขณะหนึ่ง
2. ข้อใดต่อไปนี้<u>ไม่ใช่</u> ตัวอย่างของการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
   - ก. ก้อนหินที่ตกลงมาแบบเสรี
   - ข. รถจักรยานที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่คงตัว
   - ค. ลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น
   - ง. รถยนต์กำลังลดอัตราเร็วเพื่อหยุดตรงสัญญาณไฟจราจร
3. ลูกบอล A ถูกปล่อยให้ตกแบบเสรี ขณะที่ลูกบอล B ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งจากมือ จงเปรียบเทียบความเร่ง ของลูกบอลใน 2 กรณี โดยถือว่าไม่มีแรงต้านทานอากาศ
   - ก. ลูกบอล A มีความเร่งมากกว่า
   - ข. ลูกบอล B มีความเร่งมากกว่า
   - ค. ทั้งลูกบอล A และ B มีขนาดความเร่งเท่ากันและมีทิศเดียวกัน
   - ง. ทั้งลูกบอล A และ B มีขนาดความเร่งเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้าม
4. ลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วที่ลดลง อย่างสม่ำเสมอ ความเร่งเป็นอย่างไร
   - ก. ความเร่งมีขนาดลดลงในทิศขึ้น
   - ข. ความเร่งมีขนาดคงตัวในทิศขึ้น
   - ค. ความเร่งมีขนาดลดลงในทิศลง
   - ง. ความเร่งมีขนาดคงตัวในทิศลง
5. กราฟของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ คือข้อใด

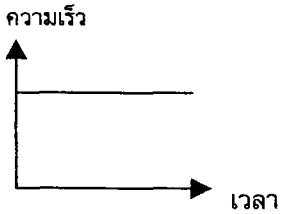
ก.



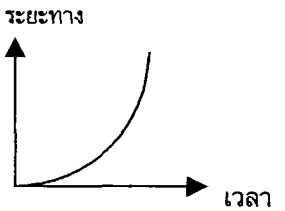
ข.



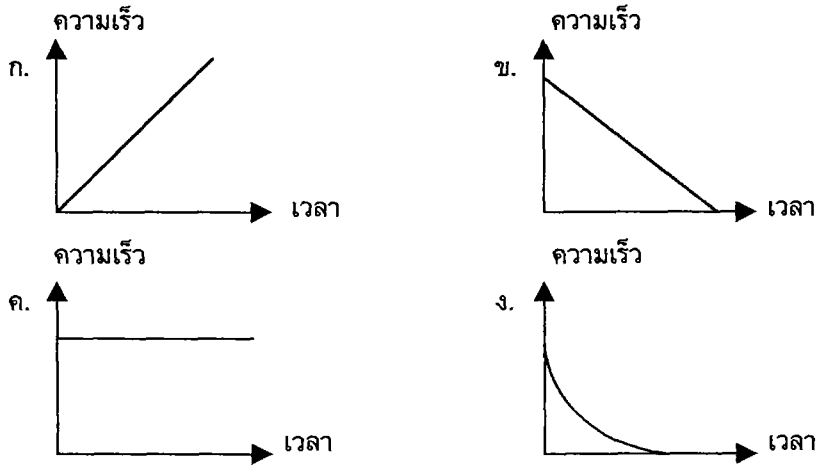
ค.



ง.



6. เด็กหญิงแบม ทำการทดลองโยนไมโครโฟนถึงจุดสูงสุด ถ้า เด็กหญิงแบมต้องการเขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาควรเป็นรูปใด



7. "ถ้าไม่มีแรงต้านของอากาศ วัตถุทุกชนิดที่อยู่ห่างจากโลกเท่ากัน จะตกเข้าสู่โลกด้วยความเร่งเดียวกัน" จากสมมติฐาน ต้นเหตุของสมมติฐานนี้คืออะไร

ก. วัตถุตกอิสระ
ข. ความเร่ง
ค. แรงต้านของอากาศ
ง. ระยะจากวัตถุถึงศูนย์กลางของโลก

8. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับวัตถุที่มีความเร่งตลอดเวลา

ก. เคลื่อนที่สม่ำเสมอ
ข. มีความเร็วเพิ่มขึ้น
ค. เปลี่ยนความเร็ว
ง. ถูกทั้ง ข และ ค

9. การเคลื่อนที่ของรถยนต์ในข้อใดที่ไม่มีความเร่ง

ก. เลี้ยวโค้งด้วยความเร็วคงตัวขนาด 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ข. ลงจากเนินด้วยความเร็วคงตัวขนาด 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ค. ลงจากเนินด้วยความเร็วซึ่งเพิ่มจาก 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถึง 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงอย่างสม่ำเสมอ
ง. ขึ้นเนินไปถึงยอดแล้วลงจากเนินอีกด้านหนึ่งด้วยความเร็วคงที่ขนาด 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

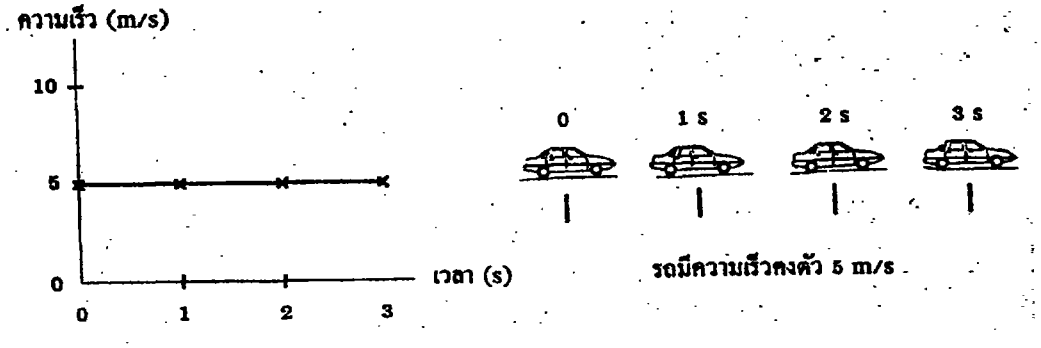
10. ในกราฟระหว่างระยะทาง – เวลา เส้นตรงในแนวระดับแสดงถึงการเคลื่อนที่ในลักษณะใด

ก. ความเร็วเป็นศูนย์
ข. ความเร็วคงตัว
ค. ความเร็วเพิ่มขึ้น
ง. ความเร็วลดลง

ใบความรู้ประกอบการทดลองที่ 5
เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

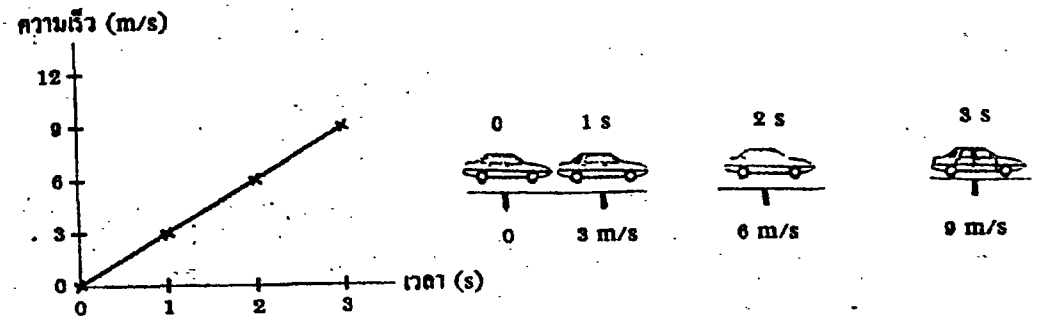
กราฟระหว่างความเร็วและเวลา

รถที่กำลังเคลื่อนที่โดยมีความเร็วคงตัว เช่น รถคันหนึ่งมีความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก เมื่อเขียนกราฟระหว่างความเร็วและเวลา จะได้กราฟเส้นตรงที่ขนานกับแกนเวลาดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 กราฟระหว่างความเร็วและเวลาของรถที่มีความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที
ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541 : 34)

เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว เช่น รถมีความเร่งเป็น 3 เมตรต่อวินาที^{2} หมายความว่า ในทุกวินาที ความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้น 3 เมตรต่อวินาที เมื่อเขียนกราฟระหว่างความเร็ว และเวลา จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นเท่ากัน ในเวลาที่เท่ากัน ดังภาพประกอบ 11

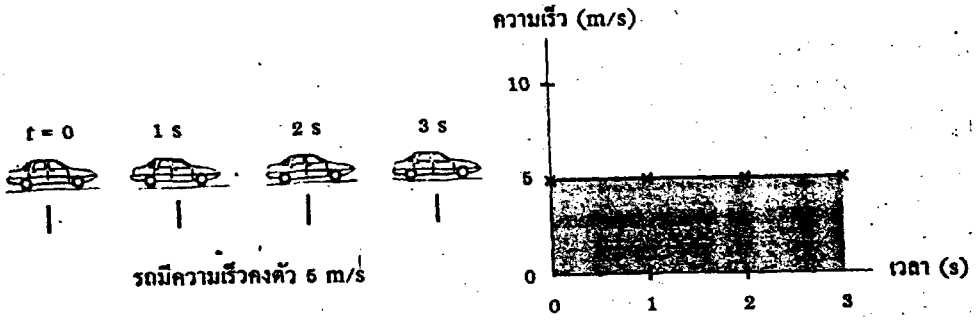


ภาพประกอบ 11 กราฟระหว่างความเร็วของรถที่มีความเร่งคงตัว 3 เมตรต่อวินาที^{2}
ที่มา : สสวท. (2541 : 35)

$$\text{ความชันของกราฟ} = \frac{9-3}{3-1} = 3 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$$

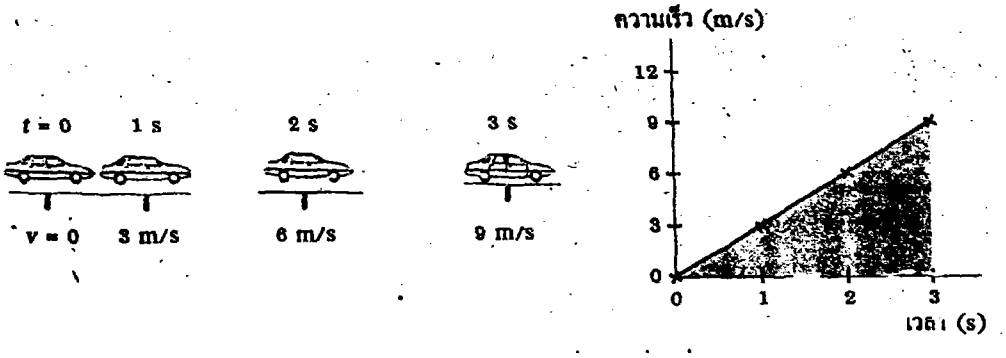
จะได้ว่าความชันของกราฟระหว่างความเร็ว และเวลา คือ ขนาดของความเร่ง

ถ้าพิจารณาจากกราฟระหว่างความเร็วและเวลา พบว่า พื้นที่ใต้กราฟ เมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที จะได้ 5 เมตรต่อวินาที X 3 วินาที = 15 เมตร นั่นคือ พื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็วและเวลา เป็นระยะทางในแนวตรงที่วัตถุเคลื่อนที่ได้



ภาพประกอบ 12 กราฟระหว่างความเร็วและเวลาเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
ที่มา : สสวท. (2541 : 37)

ในทำนองเดียวกัน ถ้ารถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งก็สามารถหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็วและเวลาเช่นกันดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 กราฟระหว่างความเร็วและเวลา เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว
ที่มา : สสวท. (2541 : 37)

เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ระยะทางในแนวตรงที่ได้ใน 3 วินาที หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟเป็น $\frac{1}{2}$ X 3 วินาที X 9 วินาที = 13.5 เมตร

การทดลองที่ 5
เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว กับเวลา

จุดประสงค์ เมื่อทำการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกค่าความเร็วและเวลาจากชุดทดลองได้
2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วกับเวลาของวัตถุจากการทดลองได้
3. หาพื้นที่ใต้กราฟความเร็วกับเวลาจากกราฟของการทดลองได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที (2 คาบ)

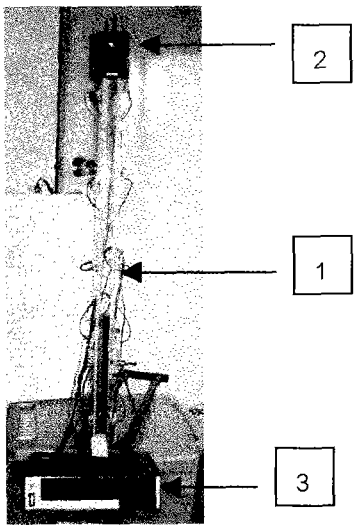
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงตามรายละเอียดการใช้ชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 14

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 14 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ปรับมุมของชุดแกนรางเอียงให้อยู่ที่ระดับ 90 องศากับแนวระดับหมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
3. ติดตั้งชุดเครื่องจับเวลาให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงาน โดยกดปุ่ม Reset และสังเกตหน้าจอแสดงผลจะปรากฏ " 00 : 00" แสดงว่าเครื่องพร้อมจับเวลา
4. ติดลูกกลมเหล็กที่จุดปล่อยวัตถุโดยกดสวิตช์ สังเกตหลอด LED สว่าง

5. กดสวิตช์เพื่อปล่อยวัตถุ แล้วสังเกตจดบันทึกข้อมูลเวลาและความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วง ที่กำหนด จากหน้าจอแสดงผล

6. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาและทดลองซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกเวลาและความเร็วของลูกกลมเหล็ก ในตารางบันทึกผลการทดลอง และจัดกระทำข้อมูล

7. เขียนกราฟระหว่างเวลา กับขนาดความเร็ว โดยให้เป็นแกน X แทนเวลาและให้แกน Y แทนขนาดความเร็ว และหาพื้นที่ใต้กราฟ

8. ตอบคำถามและสรุปอภิปรายผลการทดลอง

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองในแต่ละครั้ง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไรบ้าง

2. จากการทดลองเมื่อเขียนกราฟระหว่าง ความเร็ว กับเวลา กราฟมีลักษณะเป็นอย่างไร

3. จากกราฟ ระหว่าง ขนาดความเร็ว กับ เวลา เมื่อหาพื้นที่ใต้กราฟ หมายถึงปริมาณอะไรและพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่าไร

แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่.....5.....เรื่อง.....

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....ชั้น.....เลขที่.....

2.....ชั้น.....เลขที่.....

3.....ชั้น.....เลขที่.....

4.....ชั้น.....เลขที่.....

5.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระยะทาง (เซนติเมตร)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ 90 องศา					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)
20						
20						
20						
20						

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

ระยะทาง (เซนติเมตร)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ 90 องศา					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)
20						
40						
60						
80						

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว กับเวลา

ตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองในแต่ละครั้งความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไรบ้าง

ตอบ.....

.....

2. จากการทดลองเมื่อเขียนกราฟระหว่าง ความเร็วกับ เวลา กราฟมีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

3. กราฟที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็ว กับเวลา เมื่อหาพื้นที่ใต้กราฟ หมายถึงปริมาณอะไร พื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่าไรบ้าง

ตอบ.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

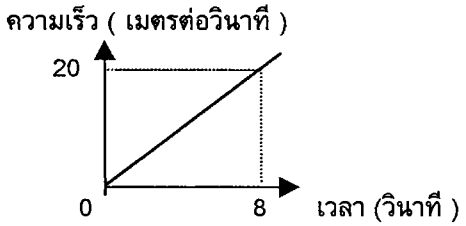
.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

<u>คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว</u>

1. จากรูปเป็นกราฟความเร็ว และเวลาโดยเส้นกราฟเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ข้อสรุปข้อใดถูกต้อง



ก. พื้นที่ใต้กราฟเป็นค่าของความเร่งมีค่า 80 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. พื้นที่ใต้กราฟเป็นค่าของความเร็วเฉลี่ยมีค่า 80 เมตรต่อวินาที

ค. ค่าความชันของกราฟเป็นค่าความเร่งมีค่า 2.5 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. ค่าความชันของกราฟเป็นค่าของความเร็วมีค่า 20 เมตรต่อวินาที

2. ตารางข้างล่างนี้ให้ข้อมูลสำหรับรถแข่งเฟอร์รารี ณ จุดเริ่มต้นของการแข่งขันกรังปรีซ์

ความเร็ว(เมตรต่อวินาที)	0	5	10	15	15	15	15	11	7.5	3.5	0
เวลา (วินาที)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	0

จงคำนวณหาความเร่งของรถระหว่างช่วงเวลา 0 –15 วินาที

ก. 1 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 3 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 5 เมตรต่อวินาที^{2}

3. ถ้าการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว กับเวลา พื้นที่ใต้กราฟหมายถึง ปริมาณในข้อใด

ก. เวลา

ข. ความเร่ง

ค. ความเร็ว

ง. การกระจัด

ใช้ข้อมูลนี้ตอบคำถามข้อ 4 – 7

จรวดลำหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวตรง โดยมีความเร็วเริ่มต้น 10 เมตรต่อวินาที และความเร็วจะเปลี่ยนไปทุกวินาที ดังแสดงในตาราง

เวลา (วินาที)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)	10	11	12	13	14	15	14	13	12

4. จงหาความเร่งเฉลี่ย

ก. 2 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 2.5 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 3 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 3.5 เมตรต่อวินาที^{2}

5. จงหาความเร่งขณะหนึ่งที่เวลา t = 0.1 วินาที

ก. 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 11 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. -10 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. -11 เมตรต่อวินาที^{2}

6. จงหาความเร่ง ขณะหนึ่งที่เวลา t = 0.3 วินาที

ก. 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. 11 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 12 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. 13 เมตรต่อวินาที^{2}

7. จงหาความเร่งขณะหนึ่งที่เวลา t = 0.7 วินาที

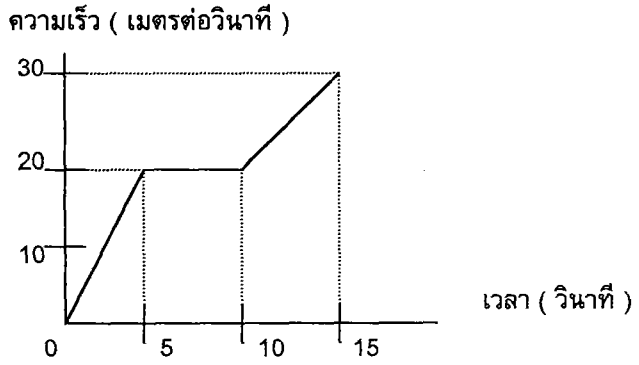
ก. 10 เมตรต่อวินาที^{2}

ข. -10 เมตรต่อวินาที^{2}

ค. 13 เมตรต่อวินาที^{2}

ง. -13 เมตรต่อวินาที^{2}

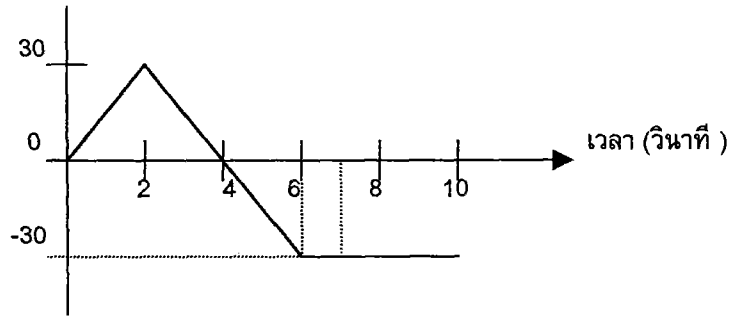
8. จากกราฟระหว่างความเร็วและเวลาในรูป จงหาระยะทางของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลา 5 - 10 วินาที



ก. 50 เมตร ข. 100 เมตร

ค. 150 เมตร ง. 200 เมตร

9. จากกราฟความเร็ว – เวลา ที่กำหนดให้ จงหาว่าการกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 7 เป็นเท่าไร



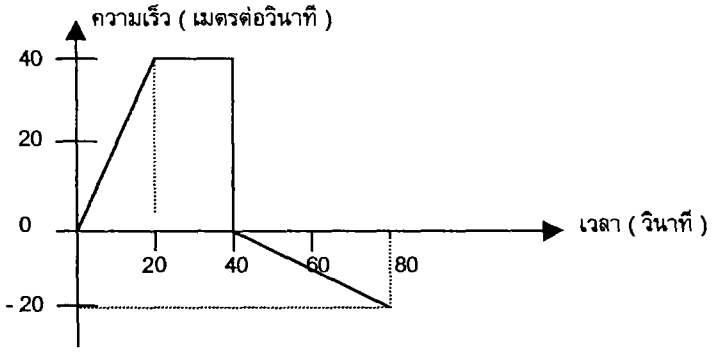
ก. 0 เมตร

ข. 10 เมตร

ค. 30 เมตร

ง. 120 เมตร

10. จากราฟ ความเร็ว – เวลา แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุระหว่างความเร็วกับเวลา จงคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

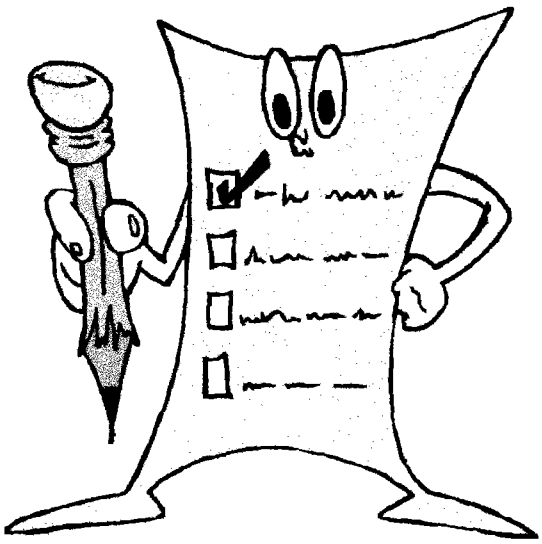


ก. 600 เมตร ข. 800 เมตร

ค. 1,000 เมตร ง. 1,400 เมตร

คู่มือการใช้ชุดทดลอง

เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงสำหรับครู



จัดทำโดย

นางสาวประนอม หมอกกระโทก

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การทดลองที่ 1
เรื่อง การศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่แนวตรง

จุดประสงค์ เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้
2. เปรียบเทียบอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้
3. อธิบายอัตราเร็วเฉลี่ย ในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

เวลาที่ใช้ทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

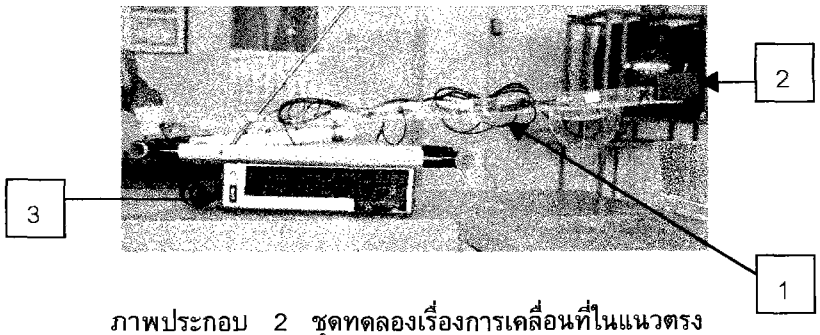
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีการใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลอง และปรับชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 2

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 2 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ติดตั้งชุดทดลองและปรับให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานสังเกตหน้าจอแสดงผลเป็น "00:00"
3. ก่อนทดลองให้กดปุ่ม Reset ก่อน และให้นักเรียนใช้มือของนักเรียนเคลื่อนที่ผ่านจุดเริ่มต้นแต่ละช่วงที่กำหนดบนแกนรางเอียง จากจุดเริ่มต้น ถึงจุดสุดท้าย ครั้งที่ 1 แบบช้า ครั้งที่ 2 แบบเร็ว
4. สังเกตเวลา และอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แต่ละกรณีจากชุดทดลอง แล้วบันทึกผลการทดลอง
5. วางลูกกลมเหล็กที่จุดเริ่มต้นในชุดแกนรางเอียง กดปุ่ม Reset ก่อนทดลอง ครั้งที่ 3 แล้วใช้มือผลักลูกกลมเหล็กอย่างรวดเร็วให้เคลื่อนที่ผ่านจุดต่าง ๆ ทั้ง 4 ช่วง บนแกนรางเอียงแล้วอ่านค่าเวลา และอัตราเร็วของลูกกลมเหล็ก บันทึกผลการทดลอง ตอบคำถามและอภิปรายสรุป

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	เวลา (วินาที)			อัตราเร็ว (เซนติเมตรต่อวินาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	1.27	0.21	0.15	15.75	95.24	133.3
2	1.10	0.10	0.15	18.18	200.0	133.3
3	0.87	0.10	0.15	22.99	200.0	133.3
4	0.82	0.12	0.15	24.39	166.7	133.3
รวม	4.08	0.55	0.62	19.61	145.5	129.0

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองแต่ละกรณี เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ แต่ละกรณีการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนใช้เวลาไม่เท่ากัน ครั้งที่ 1 ในแต่ละช่วง ใช้เวลามาก ครั้งที่ 2 ในแต่ละ ช่วง ใช้เวลาน้อย ส่วนครั้งที่ 3 กรณีใช้มือผลักลูกกลมเหล็กอย่างรวดเร็ว เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแต่ละช่วง พบว่าเท่ากัน

2. จากการทดลอง อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของมือนักเรียนและลูกกลมเหล็กในแต่ละกรณีเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ อัตราเร็วที่อ่านได้จากเครื่องจับเวลาในแต่ละกรณีในครั้งที่ 1 และ 2 อัตราเร็วของมือนักเรียนไม่เท่ากัน ครั้งที่ 1 แต่ละช่วงอัตราเร็วของมือนักเรียนจะน้อย ส่วนกรณีที่ 2 อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของของมือนักเรียนมีค่ามาก ส่วนในกรณีที่ 3 อัตราเร็วของลูกกลมเหล็กจะคงตัว เท่ากันทุกช่วง

3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และอัตราเร็วของวัตถุ สัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ จากการทดลองจะเห็นว่า อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่ามาก จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อย ถ้าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่าน้อย จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มาก

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาอัตราเร็วของวัตถุ สรุปได้ว่า ในการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้ถ้าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่มีค่ามากหรือเคลื่อนที่เร็ว จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อย ถ้าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่น้อยหรือเคลื่อนที่ช้า จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากนั่นเอง อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์เพราะมีขนาดอย่างเดียว ไม่มีทิศทาง มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที ในการเคลื่อนที่ในแนวตรงนี้อัตราเร็วจะมีค่าเท่ากับขนาดของความเร็วนั่นเอง

ความรู้เพิ่มเติมและคำแนะนำสำหรับครู

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาอัตราเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่แนวตรง ครูจะต้องปรับพื้นฐานของนักเรียนในการทำความเข้าใจ ในเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงก่อน ในการทดลองนี้ใช้ลูกลมเหล็กเป็นวัตถุที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ และเพื่อลดแรงเสียดทาน ซึ่งในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กจะมีการกลิ้งไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วย อาจจะทำให้นักเรียนเกิด

การเข้าใจผิดได้ ต้องเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจให้ถูกต้องในเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง และในเรื่องหน่วยของปริมาณต่าง ๆ ในเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุแสดงออกมาเป็นหน่วยที่ไม่ใช่หน่วยในระบบ SI ครูจะต้องให้นักเรียนเปลี่ยนหน่วยให้ถูกต้องในการจัดทำข้อมูลนั้น ๆ

อัตราเร็วของวัตถุ ต้องคิดแบบอัตราเร็วเฉลี่ย ซึ่งนักขับรถโดยปกติจะไม่สามารถรักษาอัตราเร็วให้คงตัวตลอดเวลาได้ นอกจากจะขับในทางสายด่วนที่การจราจรไม่คับคั่งนักก็พอจะขับด้วยอัตราเร็วที่คงตัวได้ โดยทั่ว ๆ ไปมักจะต้องเปลี่ยนอัตราเร็ว หรือหยุดบ้างเนื่องจากการจราจรติดขัด เพราะฉะนั้น ในการเดินทางแต่ละครั้งว่าจะใช้เวลาสักเท่าไร จึงต้องคิดแบบ อัตราเร็วเฉลี่ย (Average Speed) ที่เขาสามารถจะขับได้ อัตราเร็วมีนิยามว่าเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงระยะทางที่เคลื่อนที่ได้เทียบกับเวลา

อัตราเร็วจริง

โดยปกติ คนขับรถจะดูอัตราเร็วจริงในขณะใดขณะหนึ่งได้จากเครื่องวัดอัตราเร็ว (Speedometer) แต่เครื่องวัดอัตราเร็วจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเสมอ ดังนั้น การหาอัตราเร็วจริงในขณะใดขณะหนึ่งจึงต้องวัดระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งอาจทำได้โดยให้ผู้สังเกตที่ริมถนนจับเวลาที่รถยนต์แล่นในระยะทางที่วัดไว้แล้ว ดังเช่นที่ตำรวจทางหลวงใช้จับผู้ขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนดเมื่อใช้ช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นนี้ ย่อมพออนุโลมได้ว่าอัตราเร็วไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะทางที่วัดนั้น จึงถือเป็นอัตราเร็วจริงได้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ที่ 1

1.	ก	2.	ง	3.	ข	4.	ค	5.	ข
6.	ก	7.	ก	8.	ข	9.	ก	10.	ง

การทดลองที่ 2
เรื่อง การศึกษาความเร็วของวัตถุในแนวตรง

จุดประสงค์ เมื่อทำการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความเร็วของวัตถุจากการทดลองได้
2. คำนวณหาความเร็วจากการทดลองได้
3. อธิบายความเร็วจากกราฟของขนาดการกระจัดกับเวลาได้

อุปกรณ์การทดลอง

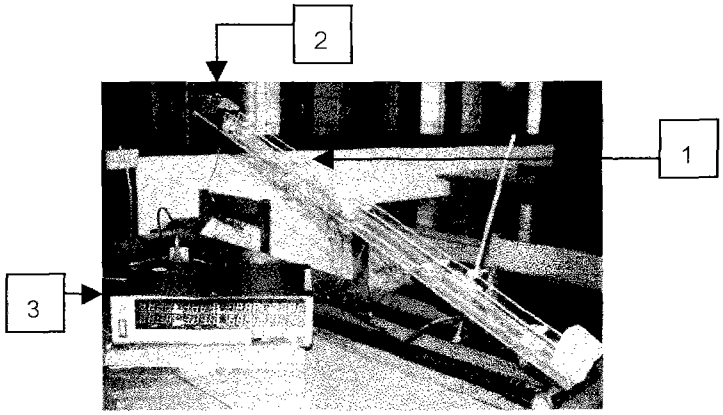
1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลอง และติดตั้งชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงดังภาพประกอบ 3

ชิ้นส่วนที่ 1 หมายถึง ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 –90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 หมายถึง ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 หมายถึง ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็ววัตถุ



ภาพประกอบ 3 แสดงชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ปรับแกนรางเอียงให้อยู่ที่มุม 5 องศา กับแนวระดับและหมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
3. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาความเร็ววัตถุให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงานโดยการสังเกตที่หน้าจอแสดงผล จะปรากฏ "00:00" ขึ้นให้เห็นทุกช่วง (ใช้เทปกาวปิดหน้าจอแสดงผลความเร็วไว้ก่อน)
4. วางวัตถุที่จุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสังเกตหลอด LED ที่จุดปล่อยจะ สว่าง
5. กดสวิตช์ ปล่อยวัตถุ วัตถุจะหลุดจากแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสังเกต หลอด LED จะไม่สว่าง
6. อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องจับเวลาในแต่ละช่วง ของการเคลื่อนที่ บันทึกผลการทดลองที่ได้

7. กดปุ่ม Reset หน้าจอแสดงผลจะปรากฏ "00:00" แล้ว ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 - 6 โดยเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงเป็น 10 , 15 และ 20 องศาตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

8. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ตอบคำถามและสรุปผลการทดลอง

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	การกระจัด (cm)	มุมของแกนรางเอียงทำกับแนวระดับ (องศา)							
		5 องศา		10 องศา		15 องศา		20 องศา	
		เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
1	20	1.92	10.42	0.80	25.00	0.56	35.71	0.43	46.51
2	20	0.90	22.22	0.39	51.28	0.27	74.07	0.20	100.0
3	20	0.68	29.41	0.30	66.67	0.21	95.24	0.16	125.0
4	20	0.57	35.09	0.25	80.00	0.18	111.1	0.13	153.9
Total	80	4.09	19.56	1.75	45.71	1.23	65.04	0.94	85.11

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

การกระจัด (cm)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (s)			
	มุม 5 องศา	มุม 10 องศา	มุม 15 องศา	มุม 20 องศา
20	1.92	0.80	0.56	0.43
40	2.82	1.19	0.83	0.63
60	3.50	1.49	1.04	0.79
80	4.07	1.74	1.22	0.92

การคำนวณหาความเร็วของลูกกลมเหล็กจากข้อมูลการทดลอง

$$\text{จากสมการความเร็ว} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงการกระจัด}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}} \quad \text{หรือ} \quad \vec{V} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$$

จากการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยกำหนดมุมของแกนรางเอียงที่ทำมุม 5 องศากับแนวระดับการคำนวณหาความเร็วแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่ เป็นดังนี้

$$V_1 = \frac{20\text{cm}}{1.92\text{s}} = 10.42 \quad \text{cm/s}$$

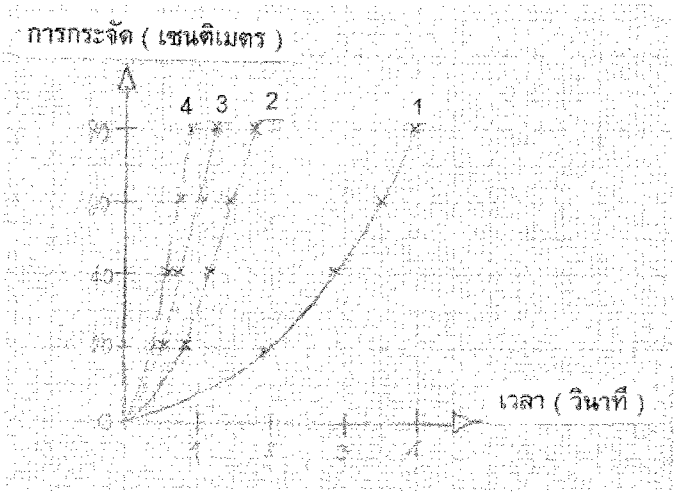
$$V_2 = \frac{20\text{cm}}{0.90\text{s}} = 22.22 \quad \text{cm/s}$$

$$V_3 = \frac{20cm}{0.68s} = 29.41 \quad cm/s$$

$$V_4 = \frac{20cm}{0.57s} = 35.09 \quad cm/s$$

ความเร็วที่คำนวณได้จากตัวอย่างการเคลื่อนที่ในระดับมุมของแกนรางเอียง 5 องศากับแนวระดับ ณ ช่วงต่าง ๆ ซึ่งพบว่า ค่าที่อ่านได้จากเครื่องจับเวลาและที่คำนวณได้ ตามสมการตรงกัน ซึ่งจะมีเฉพาะค่า V_{ave} เท่านั้นที่มีค่าต่างกันเล็กน้อย ซึ่งค่าที่ได้ไม่ตรงกัน เป็นเพราะว่า การปัดเศษหลังจุดทศนิยมของเครื่องจับเวลาและความเร็วของแต่ละช่วง นั่นเอง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด กับ เวลา



แนวทางการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองเมื่อเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงสูงขึ้น เวลาในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไร
   ตอบ มุมของแกนรางเอียงมีค่าน้อย ๆ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะมาก ถ้ามุมของแกนรางเอียงเท่ากัน ในแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่ใช้เวลาจะไม่เท่ากัน จากช่วงที่ 1 - 4 เวลาจะลดลงเรื่อย ๆ
2. จากการทดลองในแต่ละครั้ง (ในแต่ละ ช่วง) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไร
   ตอบ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กในแต่ละช่วง จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ
3. จากการทดลอง ช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 4 จงเปรียบเทียบความเร็วของลูกกลมเหล็ก
   ตอบ จากการทดลองในการเปลี่ยนมุมของแกนรางเอียงปรากฏว่า ช่วงที่ 4 ลูกกลมเหล็กจะมีความเร็วมากกว่า ช่วงที่ 1 ทุกกรณี
4. จากการทดลองเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็ก สัมพันธ์กับความเร็วอย่างไร
   ตอบ ในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กถ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อย แต่ถ้าลูกกลมเหล็กเคลื่อนที่ช้า จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มาก

5. จากกราฟที่ได้จากการทดลอง หมายความว่าอย่างไร

ตอบ จากกราฟของการทดลอง ระหว่างการกระจัด กับเวลา จะได้กราฟเส้นตรง ความชันของกราฟที่ได้ คือ ขนาดของความเร็วนั่นเอง ลูกกลมเหล็กที่เคลื่อนที่เร็วกว่า ความชันของกราฟจะมากกว่า

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการศึกษาความเร็วของลูกกลมเหล็ก เมื่อนำข้อมูลการกระจัด หารด้วยเวลาจะได้ความเร็วเฉลี่ยของวัตถุ และจากการนำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่าง การกระจัดกับเวลา จะได้กราฟเส้นตรง ความชันของกราฟที่ได้ คือ ขนาดของความเร็ว วัตถุที่เคลื่อนที่เร็ว ความชันของกราฟจะมากกว่า และถ้าวัตถุเคลื่อนที่ช้า ความชันของกราฟจะมีค่าน้อย โดยความชันของกราฟ คืออัตราเร็วหรือ ขนาดของความเร็ว โดยความชันของกราฟ หาได้จากอัตราส่วนระหว่างการกระจัดและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่นั่นเอง

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ความเร็ว ในภาษาพูดมักใช้คำว่า "ความเร็ว" (Velocity) แทนคำว่า อัตราเร็ว (Speed) แต่ในทางวิทยาศาสตร์มีความหมายต่างกัน

ความเร็วมีนิยามว่า เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะขจัดเทียบกับเวลาในทิศที่กำหนดให้ ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร็วคงตัว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือความเร็วเอกรูป ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระจัดเทียบกับเวลาในทิศที่กำหนดให้คงตัว นั่นคือ เป็นความเร็วที่คงตัวทั้งขนาดและทิศทาง

การใช้เครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ หรือการใช้ชุดทดลองนี้ต้องศึกษารายละเอียดการใช้ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองจากวิธีการใช้และวิธีการดูแลรักษาตามรายละเอียดในเอกสารวิธีใช้ โดยเฉพาะครู ควรอธิบายให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะให้นักเรียนทำการทดลองต่าง ๆ ตามการทดลองที่กำหนด

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 2

1.	ค	2.	ก	3.	ก	4.	ข	5.	ค
6.	ง	7.	ง	8.	ข	9.	ข	10.	ก

การทดลองที่ 3
เรื่อง การศึกษาความเร่งของวัตถุบนแกนรางเอียง

จุดประสงค์ เมื่อทำการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองและศึกษาความเร่งของวัตถุจากการทดลองได้
2. หาความเร่งจากกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองได้
3. คำนวณหาความเร่ง และเปรียบเทียบความเร่งของวัตถุในกรณีต่าง ๆ ได้
4. แปลความหมายจากกราฟการทดลองระหว่าง ความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที (2 คาบ)

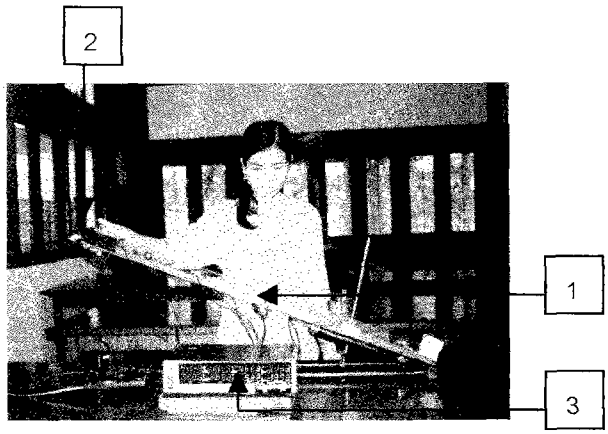
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวิธีการใช้ชุดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจากรายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลองดังภาพประกอบ 4 ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

ชิ้นส่วนที่ 1 หมายถึง ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 –90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 หมายถึง ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 หมายถึง ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็ววัตถุ



ภาพประกอบ 4 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

2. ติดตั้งชุดทดลองตามวิธีการใช้ชุดทดลอง ให้ชุดทดลองอยู่ในสภาพพร้อมทำงาน
3. ปรับมุมของแกนรางเอียงที่ระดับ 5 องศากับแนวระดับ หมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
4. นำลูกกลมเหล็กไว้ที่จุดปล่อยวัตถุ โดยการกดสวิตซ์ตัวปล่อยวัตถุแล้วติดลูกกลมเหล็กไว้
5. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการทำงาน
6. กดสวิตซ์ตัวปล่อยวัตถุ ลูกกลมเหล็กจะเคลื่อนที่ตามแกนรางเอียงผ่านตัดลำแสงของ ไดโอดอินฟราเรด แต่ละช่วงที่กำหนด ในแต่ละ ช่วง

7. สังเกตเวลา และความเร็วของลูกกลมเหล็ก แต่ละช่วง บันทึกผลการทดลองไว้

8. ปรับมุมของแกนรางเอียงที่ 10 องศา , 15 องศา และ 20 องศา กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาและความเร็ววัตถุ ทดลองซ้ำข้อ 4 – 7 บันทึกผลการทดลอง

9. วิเคราะห์ข้อมูล และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วกับเวลาของวัตถุ

10. หาค่าความชันของกราฟ ตอบคำถามท้ายการทดลองและสรุปผลการทดลอง

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ (องศา)					
	มุม 5 องศา		มุม 10 องศา		มุม 15 องศา	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
1	1.92	10.42	0.84	24.39	0.56	35.71
2	0.90	22.22	0.40	50.00	0.27	74.07
3	0.68	29.41	0.31	66.67	0.21	95.24
4	0.57	35.09	0.26	76.92	0.18	111.1
รวม	4.09	19.56	1.82	44.69	1.24	64.52

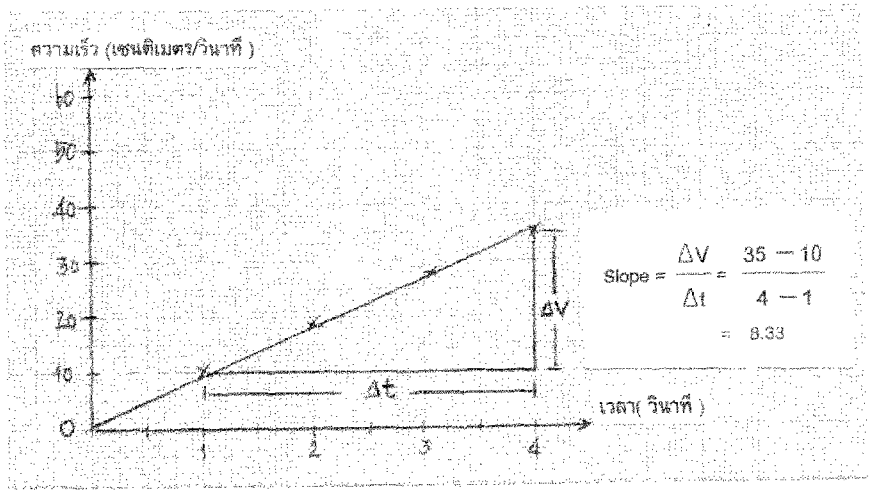
หมายเหตุ - การกระจัดแต่ละช่วง กำหนดเป็น 20 เซนติเมตร

- การกระจัดรวมทั้งหมดเป็น 80 เซนติเมตร
- Total ในชุดทดลอง หมายถึง ค่าเฉลี่ยรวมจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

การกระจัด (cm)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ (องศา)					
	มุม 5 องศา		มุม 10 องศา		มุม 15 องศา	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
20	1.92	10.42	0.84	24.39	0.56	35.71
40	2.82	22.22	1.24	50.00	0.83	74.07
60	3.50	29.41	1.55	66.67	1.04	95.24
80	4.07	35.09	1.81	76.92	1.22	111.1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วกับเวลา กรณีแกนรางเอียงทำมุม 5 องศา



คำถามท้ายการทดลอง

1. ความเร่งจากการทดลองหาได้อย่างไร
   ตอบ การคำนวณจากอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเฉลี่ยต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
2. ถ้าแกนรางเอียงมีความชันมากขึ้น หรือมีมุมสูงขึ้นความเร่งของลูกกลมเหล็กจะเป็นอย่างไรบ้าง
   ตอบ ความเร่งจะมากขึ้นด้วย
3. ถ้ามุมมีค่าเท่ากัน ความเร่งในแต่ละช่วงการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กจะเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
   ตอบ ความเร่งของวัตถุจะเท่ากันตลอด ความเร่งจะคงตัวนั่นเอง
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดความเร็วของลูกกลมเหล็ก กับ เวลาเป็นอย่างไร
   ตอบ เป็นกราฟเส้นตรงมีความชัน ถ้าความชันมากความเร่งก็จะมากด้วย
5. จากข้อมูลการทดลองความชันของกราฟที่ได้ หมายถึงค่าของอะไร และมีค่าเท่าไร
   ตอบ ความชันของกราฟระหว่างความเร็ว กับ เวลา หมายถึงความเร่งของวัตถุ และในการทดลองนี้ ความชันของกราฟที่มุม 5 องศามีค่าความเร่ง 8.5 เซนติเมตรต่อวินาที^{2} มุม 10 องศา มีค่าความเร่งเท่ากับ 42 เซนติเมตรต่อวินาที^{2} ที่มุม 15 องศา มีค่าความเร่งเท่ากับ 90 เซนติเมตรต่อวินาที^{2}

แนวทางการสรุปผลการทดลอง

ในการกลิ้งของวัตถุกลมลงมาตามพื้นเอียงในกรณีต่างๆ จะพบว่ามีความเร่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของลูกกลมเหล็กในช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่นั้น เมื่อเปลี่ยนมุมของพื้นเอียงให้สูงขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าความเร่งของลูกกลมเหล็กก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งความเร่งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากแรงดึงดูดของโลก ถ้าพื้นเอียงชันมากขึ้น แรงส่วนนี้จะยิ่งมากขึ้น เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร็วกับเวลา และหาความชันของกราฟพบว่าความชันของกราฟแทนความเร่งของวัตถุนั่นเอง

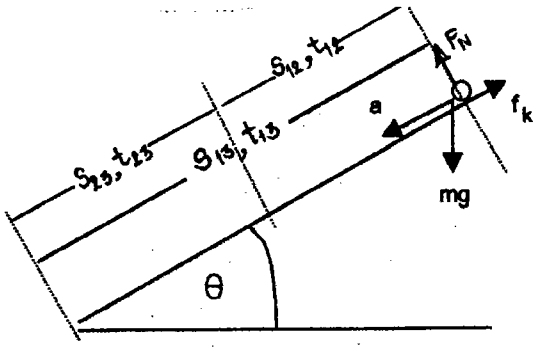
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งสม่ำเสมอ บุคคลแรกที่สามารถอธิบายเรื่องความเร่งและผลของความเร่งต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุได้อย่างชัดเจน คือ กาลิเลโอ กาลิเลโอได้แสดง การทดลองหลายอย่างเพื่อใช้อธิบาย การตกของวัตถุ และการกลิ้งของวัตถุกลมลงมาตามพื้นเอียง

วัตถุที่ตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ ในการกลิ้งของวัตถุกลมลงมาตามพื้นเอียงความเร่งเกิดขึ้นจากส่วนหนึ่งของแรงดึงดูดของโลก ถ้าพื้นเอียงชันมากขึ้นแรงส่วนนี้จะยิ่งมากขึ้น เมื่อพื้นเอียงมีความชันสูงสุด คือ อยู่ในแนวตั้ง ความเร่งจะเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกอย่างเต็มที่ ในกรณีนี้วัตถุจะตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ

กรณีวัตถุตกอย่างอิสระ การกระจัดจะเป็นแนวตั้งเสมอ ปริมาณเวกเตอร์ กรณีนี้นิยมใช้เครื่องหมายบวก ส่วนกรณีที่วัตถุถูกโยนขึ้นไปข้างบน เครื่องหมายจะเป็นลบ วัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปข้างบน ในแนวตั้ง จะมีความเร่งลดลง ทำให้ช้าลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งหยุดนิ่ง (แล้วตกลงมา) ถ้าเราทราบความเร็วเริ่มต้นที่วัตถุถูกโยนขึ้นไป จะหาระยะเวลา และระดับความสูงที่วัตถุขึ้นไปได้

ตัวอย่างการคำนวณข้อมูลจากการทดลอง



จาก $S_{12} = V_1 t_{12} + \frac{1}{2} a t^2_{12}$ .....(1)

และ $S_{13} = V_1 t_{13} + \frac{1}{2} a t^2_{13}$ .....(2)

เมื่อให้ $S_{13} = S_{12} + S_{23}$

และ $t_{13} = t_{12} + t_{23}$

$$a = \frac{2\left(\frac{S_{13}}{t_{13}} - \frac{S_{12}}{t_{12}}\right)}{t_{13} - t_{12}}$$

เมื่อให้ S_{12} = ระยะทางช่วงที่ 1

S_{23} = ระยะทางช่วงที่ 2

S_{13} = ระยะทางทั้งหมด

t_{12} = เวลาช่วงที่ 1

t_{23} = เวลาช่วงที่ 2

t_{13} = เวลาทั้งหมด

ตัวอย่าง การคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองแกนรางเอียงที่ระดับ 5 องศาช่วงที่ 1 และ 2

หา $a_{12} = \frac{2\left(\frac{80cm}{4.07s} - \frac{20cm}{1.92s}\right)}{4.07s - 1.92s} = 8.58 \ cm/s^2$

หา $a_{13} = \frac{2\left(\frac{80cm}{4.07s} - \frac{40cm}{2.82s}\right)}{4.07s - 2.82s} = 8.75 \ cm/s^2$

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 3

1.	ก	2.	ง	3.	ง	4.	ค	5.	ง
6.	ค	7.	ก	8.	ง	9.	ง	10.	ค

การทดลองที่ 4
เรื่อง การศึกษาการตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์ เมื่อจบการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. หาขนาดความเร็วเฉลี่ยของวัตถุที่ตกแบบเสรีได้
2. เขียนกราฟระหว่างขนาดของความเร็วกับเวลาได้
3. หาขนาดของความเร่งเฉลี่ยจากกราฟได้

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

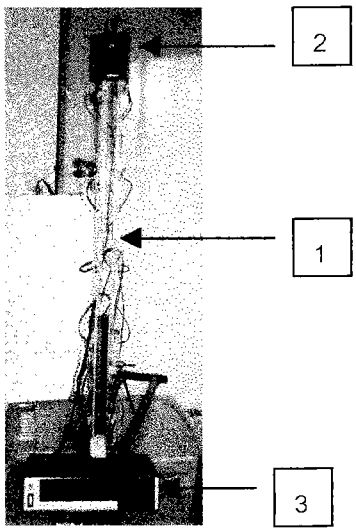
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาและติดตั้งชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงตามรายละเอียดคู่มือวิธีการใช้ชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 6

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 6 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง

2. ตรวจสอบชุดทดลองให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำงาน โดยปรับชุดแกนรางเอียงให้อยู่แนวตั้งฉาก คือ ทำมุม 90 องศา กับแนวระดับ และเครื่องจับเวลาจะแสดง "00:00" กดปุ่ม Reset
3. นำลูกกลมเหล็กไว้ที่จุดปล่อยวัตถุแม่เหล็กไฟฟ้า โดยกดสวิตซ์สังเกตหลอด LED จะสว่าง
4. กดสวิตซ์ปล่อยลูกกลมเหล็กให้เคลื่อนที่ สังเกตหลอด LED จะไม่สว่าง อ่านค่าเวลาที่ใช้ในการ

เคลื่อนที่ และความเร็วของลูกกลมเหล็ก ในแต่ละช่วง การเคลื่อนที่ บันทึกผลการทดลอง

5. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

6. นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วเฉลี่ยกับเวลา โดยกำหนดให้แกน X แทนเวลา t แกน Y แทนความเร็วเฉลี่ยในแต่ละ ช่วง

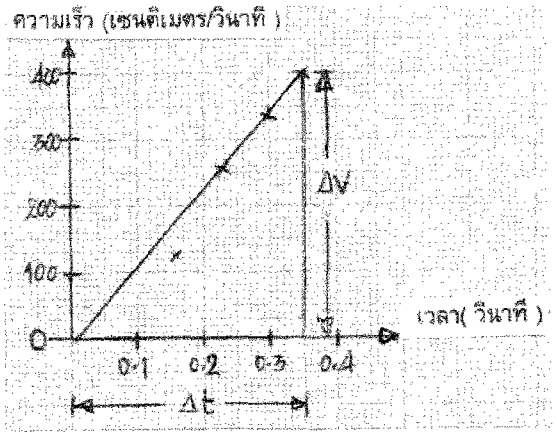
ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงที่	ระยะทาง (cm)	เวลา (s) ครั้งที่				ความเร็ว (cm/s) ครั้งที่			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	20	0.16	0.16	0.16	0.16	125.0	125.0	125.0	125.0
2	20	0.08	0.08	0.08	0.08	250.0	250.0	250.0	250.0
3	20	0.06	0.06	0.06	0.06	333.3	333.3	333.3	333.3
4	20	0.05	0.05	0.05	0.05	400.0	400.0	400.0	400.0
Total	80	0.37	0.37	0.37	0.37	216.2	216.2	216.2	216.2

ตางรางการจัดกระทำข้อมูล

ระยะทาง (cm)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
20	0.16	125.0
40	0.24	250
60	0.30	33.3
80	0.35	400.0

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วเฉลี่ย กับ เวลา



$$\text{Slope} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{400 - 0}{0.35 - 0}$$

$$a = 8.57$$

$$g = 8.57 \ \text{m/s}^2$$

$$\text{ค่าผิดพลาด} = \left[\frac{9.8 - 8.57 \times 100}{9.8}\right]$$

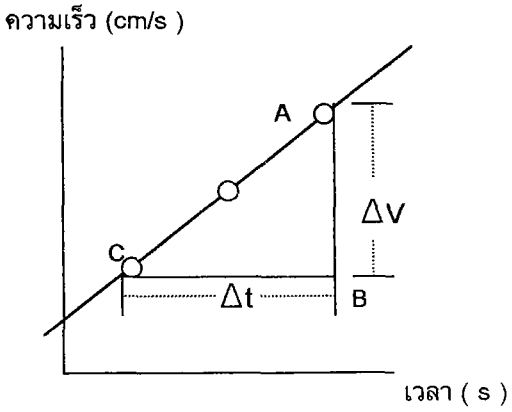
$$= 12.5\ \%$$

คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้จากการทดลองการตกแบบเสรีของลูกกลมเหล็กมีลักษณะอย่างไร
   ตอบ เป็นกราฟเส้นตรงมีความชัน ขนาดความเร็วแปรผันตรงกับเวลา
2. จากลักษณะของกราฟแสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร็วกับเวลาเป็นอย่างไร
   ตอบ ขนาดความเร็ว แปรผันตรงกับเวลา
3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร
   ตอบ ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ 8.57 และค่านี้แทนความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

แนวทางการสรุปผลการทดลอง

เมื่อพื้นเอียงมีความชันสูงสุด คือ อยู่ในแนวดิ่ง 90 องศากับแนวระดับ ความเร่งจะเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกอย่างเต็มที่ ในกรณีนี้วัตถุจะตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ ในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร่งจะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ความเร่งของวัตถุที่ตกแบบเสรี การหาค่า g ของโลกจากการทดลอง โดยการเขียนกราฟระหว่าง ขนาดความเร็ว V กับ เวลา t



1. $V \propto t$
2. Slope $= \frac{\Delta V}{\Delta t}$ คือ ความเร่งเฉลี่ย
3. ความเร่งนี้ คือค่า แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ

$$\text{ความชันของกราฟ} = \frac{AB}{BC} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{400}{0.35} = 857.14 \text{ cm/s}^2 = 8.57 \text{ m/s}^2$$

ค่าที่ยอมรับคือ 9.8 m/s^2 แต่ถ้าในการทดลองได้ 8.57 m/s^2 แสดงว่ามีข้อผิดพลาด 12.5 %.

ตัวอย่าง การคำนวณจากข้อมูลการทดลองเมื่อปล่อยวัตถุตกอย่างอิสระในแต่ละช่วงดังต่อไปนี้

$$\text{ความเร่งช่วงที่ 1} = \frac{2\left(\frac{0.8\text{m}}{0.35\text{s}} - \frac{0.2\text{m}}{0.16\text{s}}\right)}{0.35\text{s} - 0.16\text{s}} = 10.9 \ \text{m/s}^2$$

$$\text{ความเร่งช่วงที่ 1 และ 2} = \frac{2\left(\frac{0.8\text{m}}{0.35\text{s}} - \frac{0.4\text{m}}{0.24\text{s}}\right)}{0.35\text{s} - 0.24\text{s}} = 11.25 \ \text{m/s}^2$$

$$\text{ความเร่งช่วงที่ 1 – 3} = \frac{2\left(\frac{0.8\text{m}}{0.35\text{s}} - \frac{0.6\text{m}}{0.3\text{s}}\right)}{0.35\text{s} - 0.3\text{s}} = 11.4 \ \text{m/s}^2$$

$$\text{ความเร่งช่วงที่ 2 – 4} = \frac{2\left(\frac{0.8\text{m}}{0.35\text{s}} - \frac{0.6\text{m}}{0.19\text{s}}\right)}{0.35\text{s} - 0.19\text{s}} = 10.9 \ \text{m/s}^2$$

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ระยะทางที่วัตถุตกอย่างอิสระ สัมพันธ์กับเวลาที่ใช้

ระยะทางที่วัตถุตกลงมาอย่างอิสระจากเดิมอยู่นิ่ง คือ

$$x = \frac{1}{2} g t^2$$

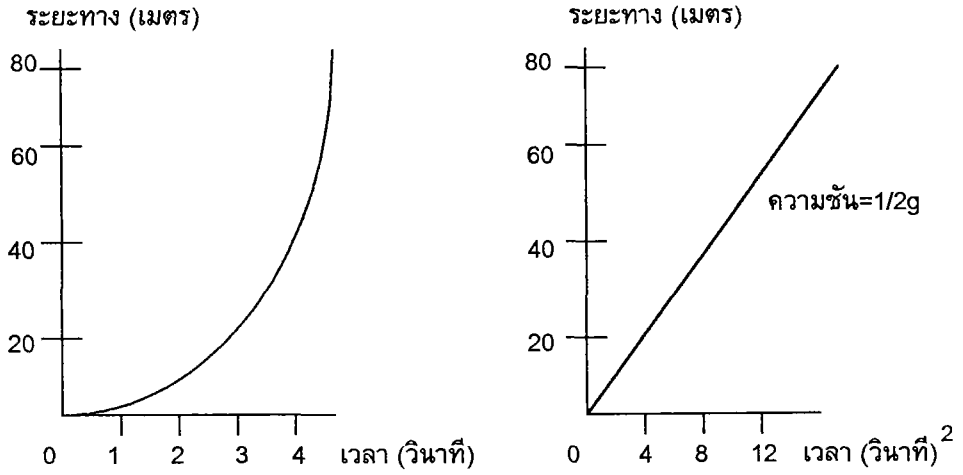
หรือ ถ้า g คงที่ตลอดระยะทางที่ตกลงมา จะได้

$$x = \text{ค่าคงที่} \times t^2$$

ค่าคงที่ในที่นี้เท่ากับ $\frac{1}{2} g$ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ตกลงกับเวลาที่ใช้ไปอาจแสดงให้เห็นได้โดยการเขียนกราฟระหว่าง x กับ t^2 ซึ่งจะได้เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดกำเนิดและมีความชันเท่ากับ $\frac{1}{2} g$

ดังภาพประกอบ 7 ฉะนั้น $g = 2 \times$ ความชัน

การแสดงความสัมพันธ์แบบนี้ นอกจากจะใช้ได้กับเรื่อง การตกอย่างอิสระแล้ว ยังใช้ได้กับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วย ความเร่งคงที่อีกด้วย



ภาพประกอบ 7 การตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก
ที่มา : ฟิสิกส์ระดับต้น (ม.ป.ป. : 37)

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง x กับ t^2 แล้วหาค่าความชันของกราฟ = $\frac{x}{t^2}$ จากวัตถุที่ตกลงมาอย่างอิสระจากเดิมอยู่นิ่งภายใต้ความโน้มถ่วง เป็นระยะทาง x ในเวลา t มีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$x = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{ฉะนั้น } g = 2 \times \frac{x}{t^2}$$

$$\text{หรือ } g = 2 \times \text{ความชันของกราฟ}$$

ผลของอากาศต่อการตกของวัตถุ เมื่อกาลิเลโอ ทำการทดลองเกี่ยวกับการตกของวัตถุ เขาพบว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นมากจะตกลงมาเร็วกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อย กาลิเลโออธิบายว่าที่เป็นเช่นนี้เพราะการต้านทานของอากาศเขาเชื่อว่าถ้าไม่มีอากาศ วัตถุทุกชนิดจะตกลงถึงพื้นโลกพร้อมกัน ด้วยเหตุนี้สูตรต่าง ๆ จึงเป็นสูตรที่มิได้รวมการต้านทานของอากาศไว้ด้วย หมายถึง เป็นสูตรใช้สำหรับวัตถุที่ตกลงในสุญญากาศ อย่างไรก็ดีสูตรเหล่านี้สามารถใช้ได้กับวัตถุที่มีความหนาแน่นมาก และรูปร่างกระทัดรัด เช่น ลูกเทนนิส กระสุนปืนที่ตกลงมาในอากาศ แต่จะใช้ไม่ได้ กับการตกของวัตถุประเภทใบไม้ ขนนก ร่มชูชีพ เพราะ วัตถุเหล่านี้ ได้รับผลจากการต้านของอากาศมากเกินไป นักบินที่ตกลงมาจากเครื่องบิน โดยไม่มีร่มชูชีพ อาจจะตกถึงพื้นดินด้วยความเร็ว 190 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้ามีร่มชูชีพช่วยพยุงเอาไว้ เขาจะตกมาถึงด้วยความเร็วเพียง 22 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งไม่มีอันตรายใด ๆ เลย

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 4

1.	ก	2.	ข	3.	ค	4.	ง	5.	ก
6.	ข	7.	ก	8.	ค	9.	ข	10.	ก

การทดลองที่ 5
เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว กับเวลาของวัตถุ

จุดประสงค์ เมื่อทำการทดลองนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกค่าความเร็วและเวลาจากการทดลองได้
2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วกับเวลาของวัตถุจากการทดลองได้
3. หาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างขนาดความเร็ว กับเวลาจากกราฟของการทดลองได้

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที (2 คาบ)

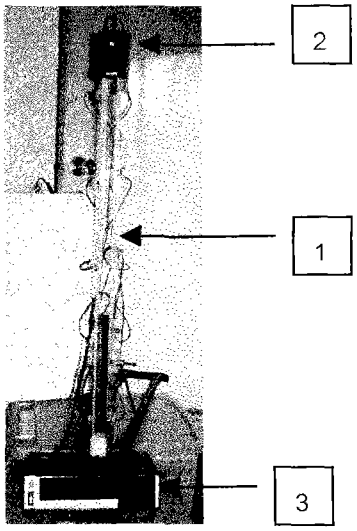
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงจำนวน 1 ชุด
2. ลูกกลมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรจำนวน 1 ลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงตามรายละเอียดการใช้ชุดทดลอง ดังภาพประกอบ 8

ชิ้นส่วนที่ 1 ชุดแกนรางเอียงปรับมุมได้ 0 – 90 องศา
ชิ้นส่วนที่ 2 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
ชิ้นส่วนที่ 3 ชุดเครื่องจับเวลาและความเร็วของวัตถุ



ภาพประกอบ 8 ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. ปรับมุมของชุดแกนรางเอียงให้อยู่ที่ระดับ 90 องศากับแนวระดับ หมุนสกรูที่ยึดให้แน่น
3. ติดตั้งชุดเครื่องจับเวลาให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงานโดยกดปุ่ม Reset และสังเกตหน้าจอแสดงผลจะปรากฏ "00:00" แสดงว่าเครื่องพร้อมจับเวลา
4. ติดลูกกลมเหล็กที่จุดปล่อยวัตถุโดยกดสวิตซ์ สังเกตหลอด LED สว่าง
5. กดสวิตซ์เพื่อปล่อยวัตถุ แล้วสังเกตเวลาและความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วง ของระยะที่กำหนดจากหน้าจอแสดงผล และบันทึกผลการทดลอง
6. กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาและทดลองซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกเวลาและความเร็วของลูกกลม

เหล็กในตารางบันทึกผลการทดลอง และจัดกระทำข้อมูล

7. เขียนกราฟระหว่างเวลา กับขนาดความเร็ว โดยให้เป็นแกน X แทนเวลา และให้แกน Y แทนขนาดความเร็ว และหาพื้นที่ใต้กราฟ

8. ตอบคำถามและสรุปอภิปรายผลการทดลอง

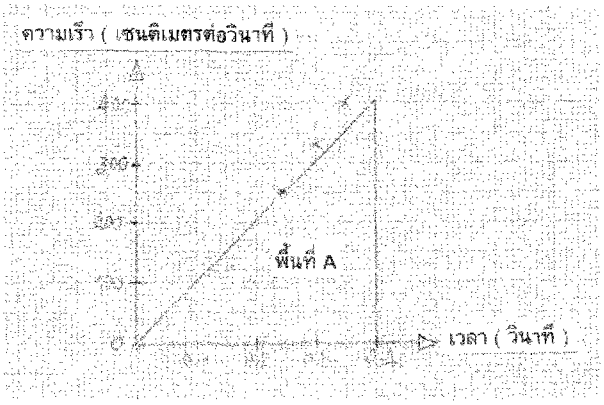
ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ระยะทาง (cm)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ 90 องศา					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
20	0.16	125.0	0.16	125.0	0.16	125.0
20	0.08	250.0	0.08	250.0	0.08	250.0
20	0.06	333.3	0.06	333.3	0.06	333.3
20	0.05	400.0	0.05	400.0	0.05	400.0

ตารางการจัดกระทำข้อมูล

ระยะทาง (cm)	แกนรางเอียงทำมุมกับแนวระดับ 90 องศา					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)	เวลา (s)	ความเร็ว (cm/s)
20	0.16	125.0	0.16	125.0	0.16	125.0
40	0.24	250.0	0.24	250.0	0.24	250.0
60	0.30	333.3	0.30	333.3	0.30	333.3
80	0.35	400.0	0.35	400.0	0.35	400.0

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว กับเวลา



แนวทางการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองในแต่ละครั้งความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กเป็นอย่างไรบ้าง

ตอบ จากการทดลอง ความเร็วของวัตถุจากจุดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับศูนย์ และเมื่อเวลาผ่านไป ความเร็วของลูกกลมเหล็กจะเปลี่ยนแปลงไปทุกช่วงของการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงไปแบบคงที่

2. จากการทดลองเมื่อเขียนกราฟระหว่าง ความเร็วกับเวลา กราฟมีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ เป็นกราฟเส้นตรงมีความชัน

3. จากกราฟระหว่าง ขนาดความเร็ว กับเวลา เมื่อหาพื้นที่ใต้กราฟ หมายถึงปริมาณอะไร และพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่าไร

ตอบ พื้นที่ใต้กราฟ หมายถึง ระยะทางหรือระยะการกระจัดของการเคลื่อนที่ สามารถแปลความหมายของกราฟได้จาก การหาพื้นที่ใต้กราฟ เช่น จากการทดลองสามารถหาพื้นที่ใต้กราฟได้จากพื้นที่ A

$$\text{การหาพื้นที่ใต้กราฟรูปสามเหลี่ยม A} = \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}$$

$$= \frac{1}{2} \times 4 \times 40$$

พื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็วและเวลาเป็นระยะทางในแนวตรงที่วัตถุเคลื่อนได้เท่ากับ 80 เซนติเมตร

แนวทางการสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว กับเวลา โดยการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว กับเวลา แล้ววิเคราะห์หาพื้นที่ใต้กราฟ ปรากฏว่า พื้นที่ใต้กราฟที่ได้ นั้นหมายถึงระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่ 5

1.	ค	2.	ข	3.	ง	4.	ข	5.	ก
6.	ก	7.	ข	8.	ข	9.	ก	10.	ข

ภาคผนวก ช

- แสดงการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่ง ในการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง

แสดงการคำนวณหาความเร่งจากข้อมูลการทดลองและข้อมูลจากทฤษฎี

1. การคำนวณหาความเร่งจากข้อมูลการทดลอง

จากสมการ $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$

พื้นเอียงทำมุม 5 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{1.00 - 0}{1.48 - 0} = 0.67 \text{ m} / \text{s}^2$

พื้นเอียงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{1.33 - 0}{1.05 - 0} = 1.26 \text{ m} / \text{s}^2$

พื้นเอียงทำมุม 15 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{1.66 - 0}{0.86 - 0} = 1.93 \text{ m} / \text{s}^2$

2. การคำนวณความเร่งตามทฤษฎีในการกลิ้งลงตามพื้นเอียงของทรงกลม

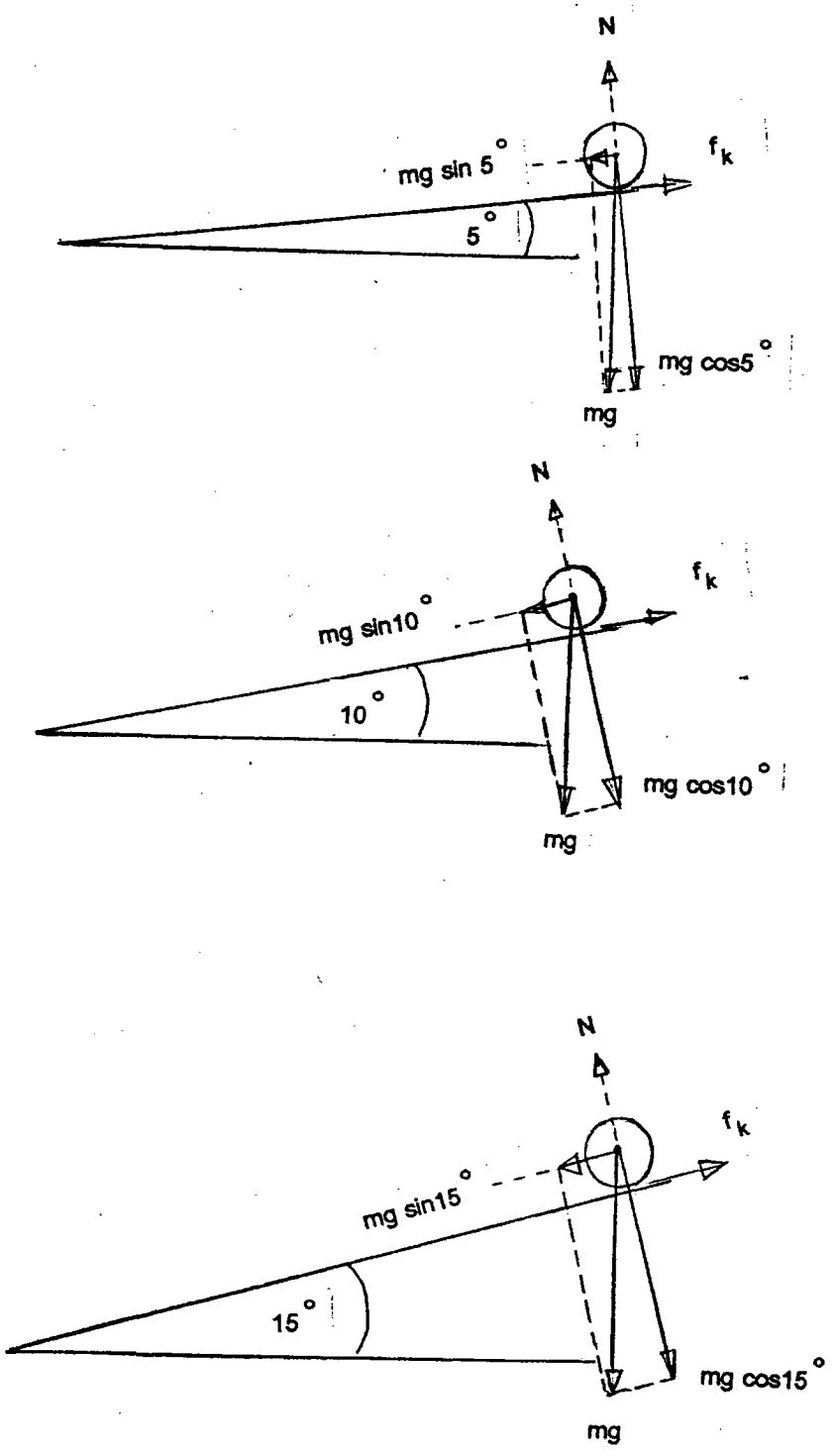
จากสมการ $a = \frac{2}{3} g \sin\theta$

พื้นเอียงทำมุม 5 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{2}{3} \times 10 \times 0.087 = 0.58 \text{ m} / \text{s}^2$

พื้นเอียงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{2}{3} \times 10 \times 0.174 = 1.16 \text{ m} / \text{s}^2$

พื้นเอียงทำมุม 15 องศากับแนวระดับ ความเร่ง $= \frac{2}{3} \times 10 \times 0.259 = 1.72 \text{ m} / \text{s}^2$

3. การเปรียบเทียบภาพการแตกแรงในองค์ประกอบของแกนระดับ (X) และ แรงองค์ประกอบในแกนดิ่ง (Y) จากการทดลอง



ภาพประกอบ 17 แสดงการแตกแรงองค์ประกอบในแกนระดับ (X) และแกนดิ่ง (Y) จากผลการทดลอง

แสดงการคำนวณหาความเร่งจากการตกของวัตถุแบบเสรีภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การคำนวณนี้ใช้ข้อมูลจากการทดลองในตาราง 8

คำนวณจากสูตร $a = \dfrac{2\left(\dfrac{S_2}{t_2} - \dfrac{S_1}{t_1}\right)}{t_2 - t_1}$

ความเร่งช่วงที่ 1 $= \dfrac{2\left(\dfrac{0.8}{0.35} - \dfrac{0.2}{0.16}\right)}{0.35 - 0.16} = 10.9 \ m/s^2$

ความเร่งช่วงที่ 2 $= \dfrac{2\left(\dfrac{0.8}{0.35} - \dfrac{0.4}{0.24}\right)}{0.35 - 0.24} = 11.25 \ m/s^2$

ความเร่งช่วงที่ 3 $= \dfrac{2\left(\dfrac{0.8}{0.35} - \dfrac{0.6}{0.3}\right)}{0.35 - 0.3} = 11.4 \ m/s^2$

ความเร่งช่วงที่ 4 $= \dfrac{2\left(\dfrac{0.8}{0.35} - \dfrac{0.6}{0.19}\right)}{0.35 - 0.19} = 10.9 \ m/s^2$

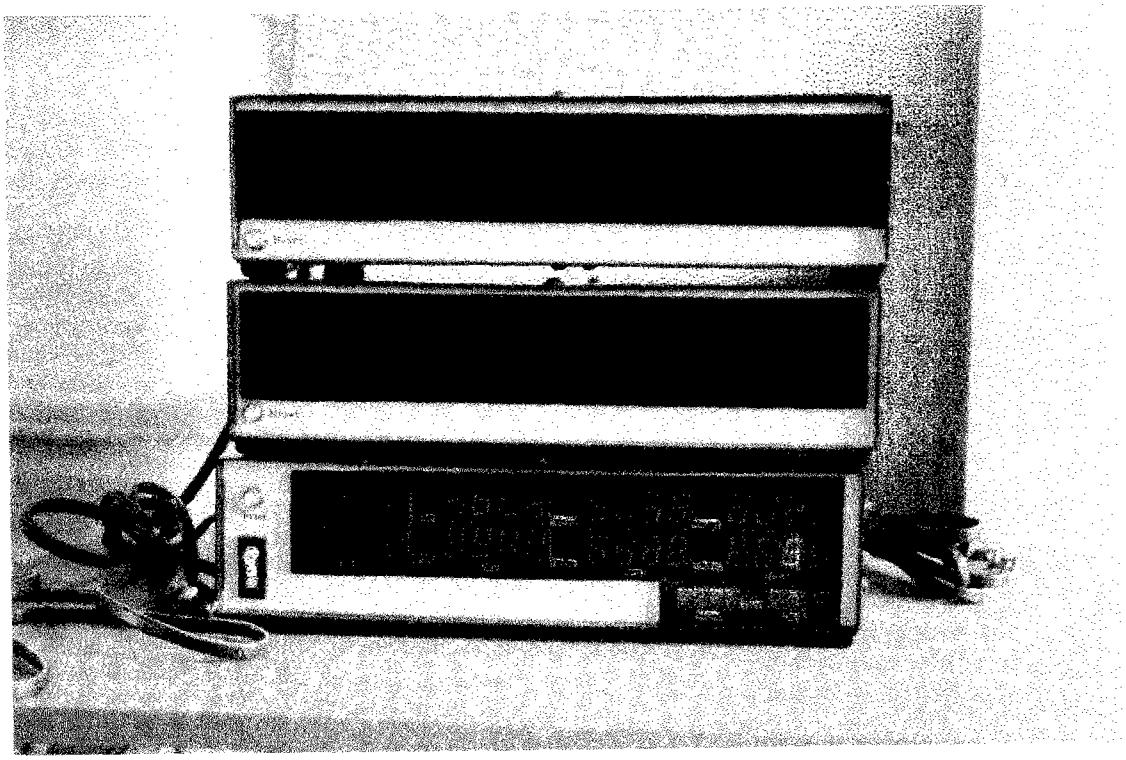
เมื่อนำความเร่งที่คำนวณได้ในแต่ละช่วง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้งหมดได้เท่ากับ 11.1 m/s^2 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าความเร่งตามทฤษฎี มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 จะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง เท่ากับ 13.2 %

ค่าความคลาดเคลื่อน $= \left[\dfrac{9.8 - 11.1 \times 100}{9.8}\right] = 13.2 \ \%$

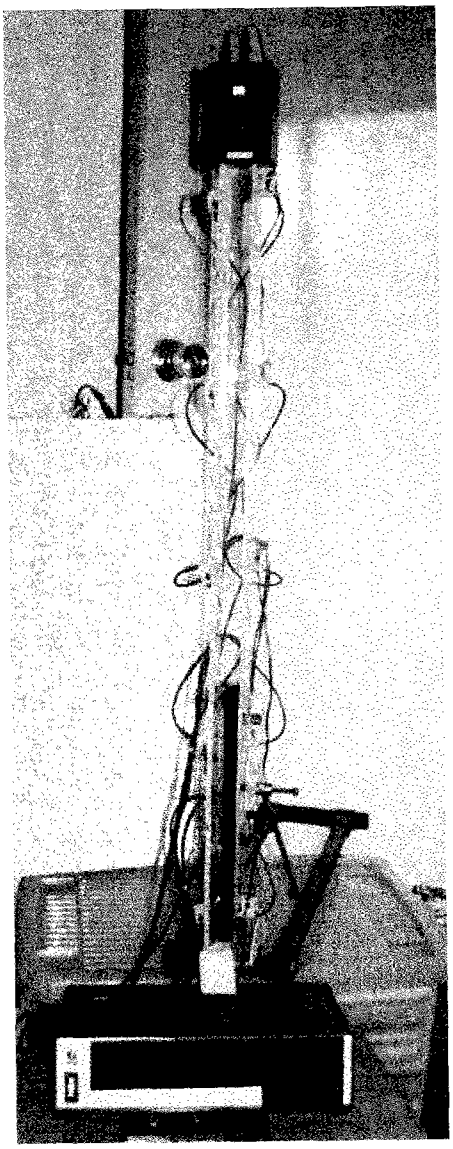
ภาคผนวก ซ

ภาพประกอบการวิจัย

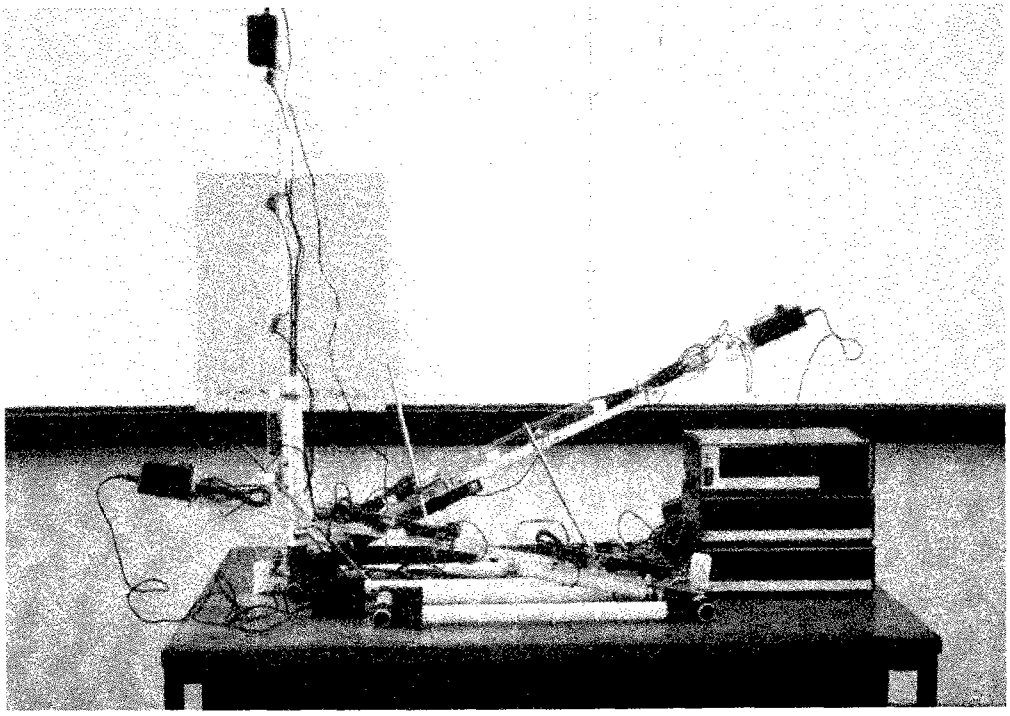
ภาพประกอบ 18 ชุดปล่อยวัตถุแบบแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมลูกกลมเหล็ก



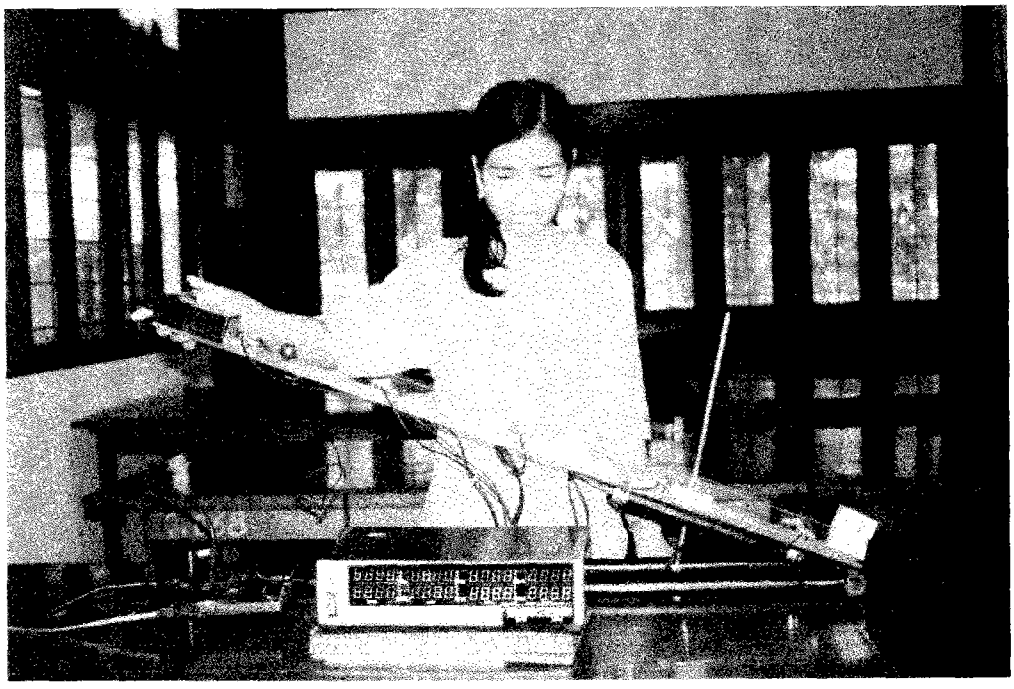
ภาพประกอบ 19 แสดงชุดเครื่องจับเวลา และความเร็วของวัตถุ จำนวน 3 เครื่องที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพประกอบ 20 ชุดทดลอง กรณีแกนรางเอียงทำมุม 90 องศากับแนวระดับ

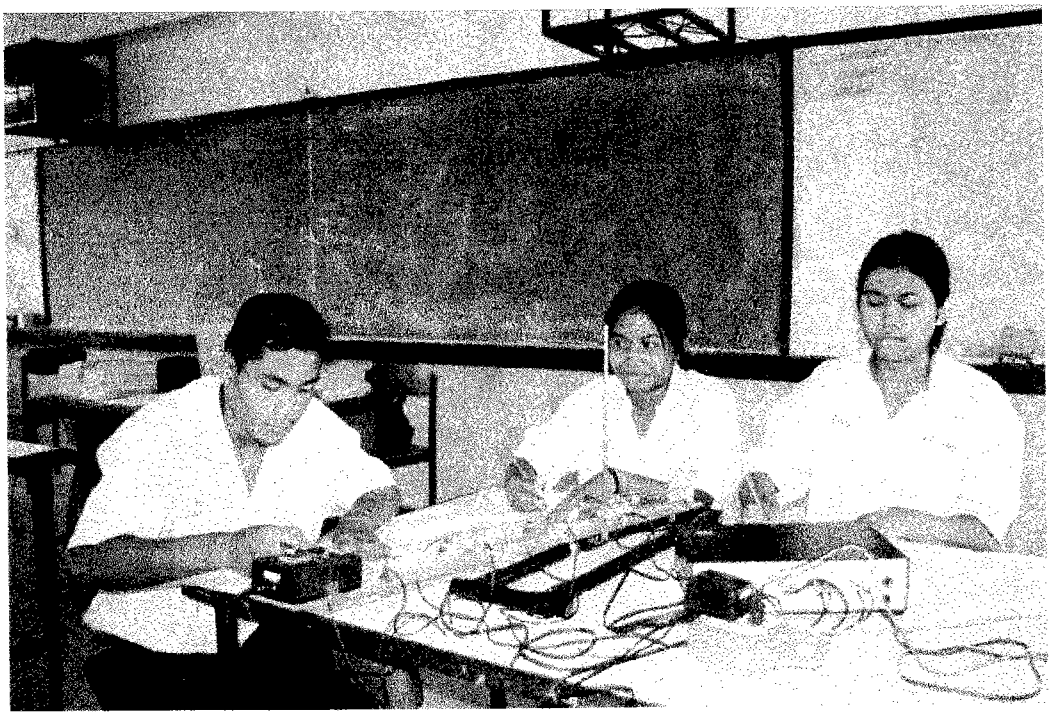


ภาพประกอบ 21 ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจำนวน 3 ชุด

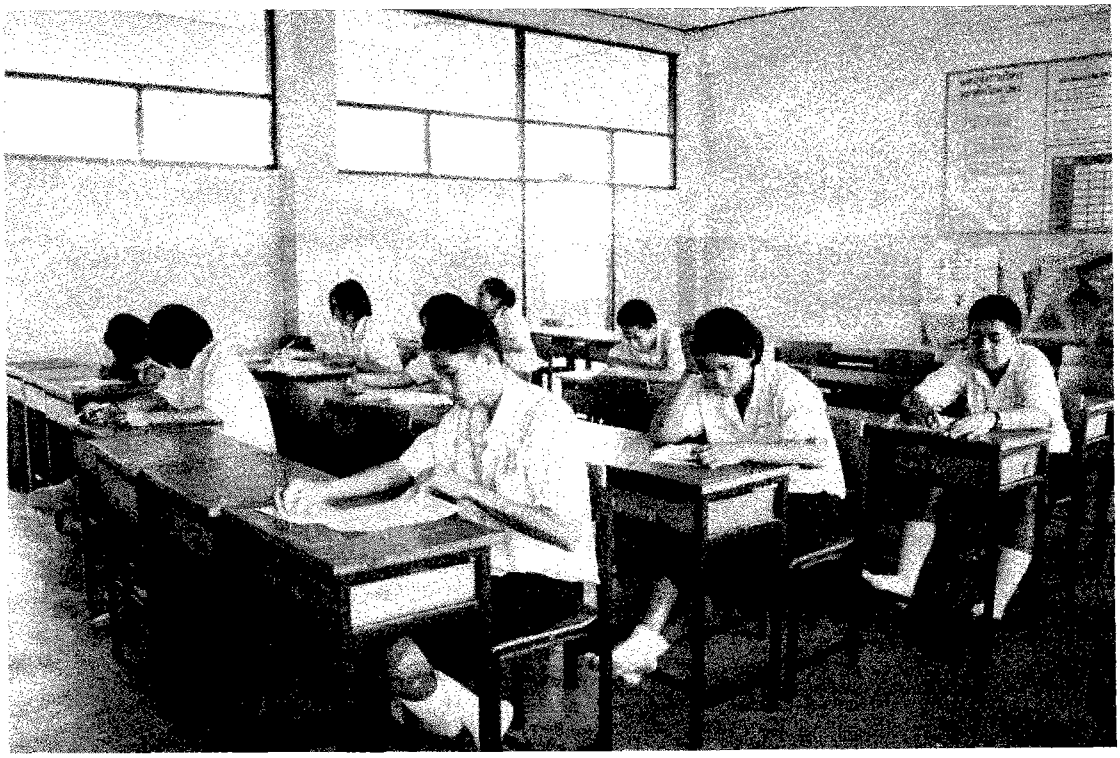


ภาพประกอบ 22 ผู้วิจัยทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง

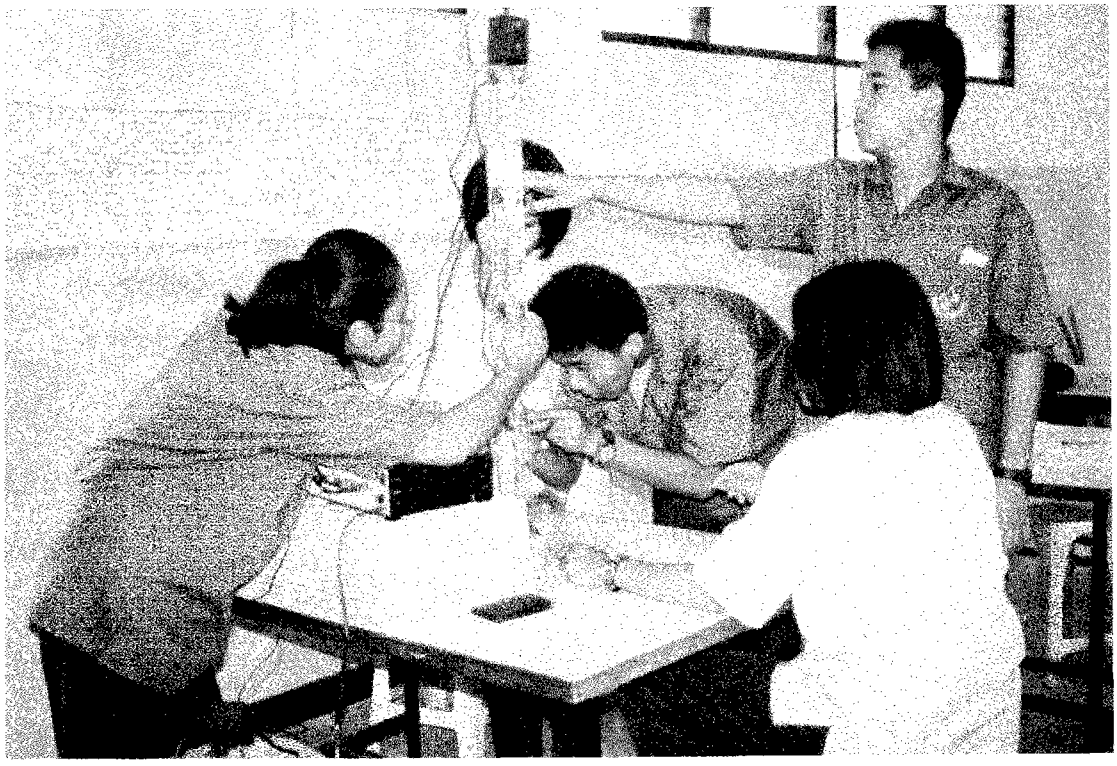
ภาพประกอบ 23 การ Try Out แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียน 100 คน



ภาพประกอบ 24 การ Try Out ชุดทดลองกับนักเรียน 3 กลุ่ม 9 คน

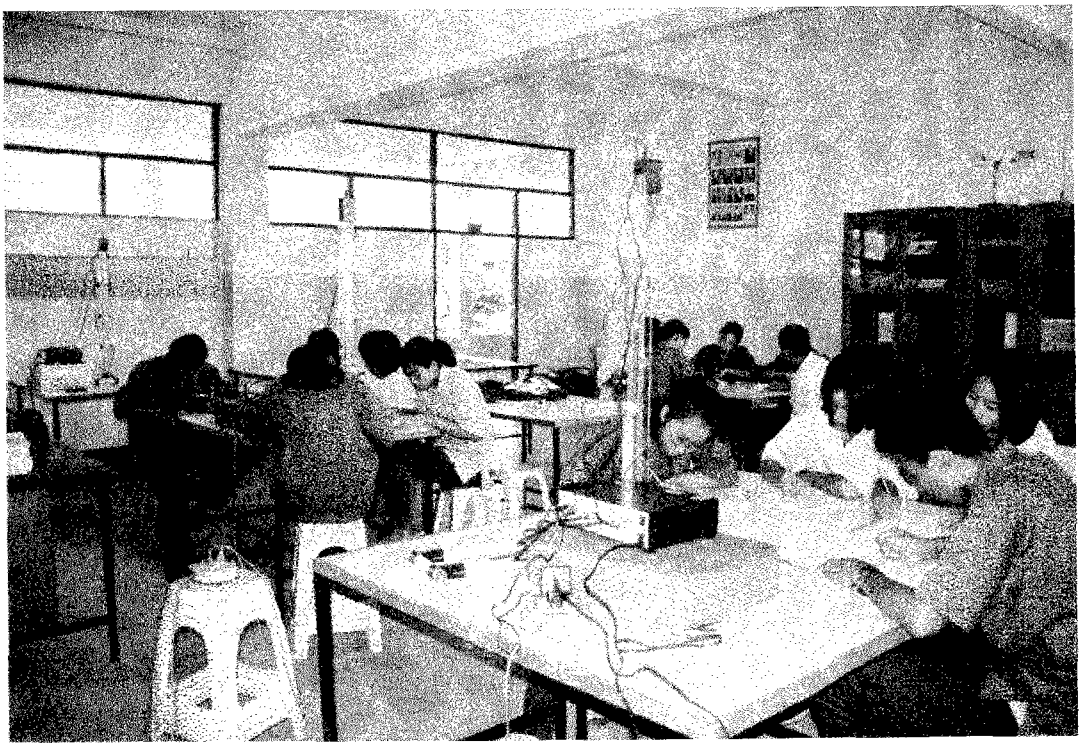


ภาพประกอบ 25 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน

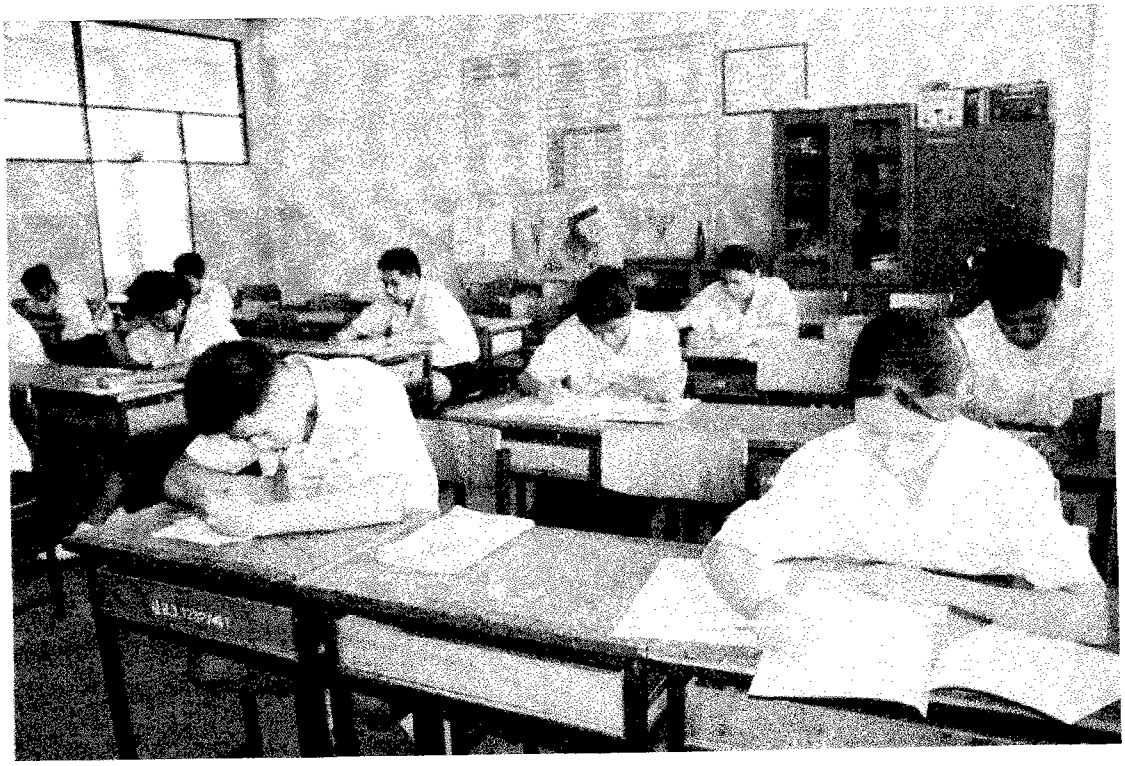


ภาพประกอบ 26 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำการทดลอง

ภาพประกอบ 27 กลุ่มตัวอย่าง 15 คน กำลังปฏิบัติการทดลองตามชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง



ภาพประกอบ 28 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน



ภาพประกอบ 29 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวประนอม หมอกกระโทก
วัน เดือน ปี เกิด	9 มกราคม 2508
สถานที่เกิด	อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	63 หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ 2 ระดับ 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา 30210

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2523	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จากโรงเรียนครบุรี จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2526	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2531	ค.บ. (ฟิสิกส์) จากวิทยาลัยครูนครราชสีมา
พ.ศ. 2545	กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ