



การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเคลื่อนที่แบบ
โพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL SET FOR HIGHSCHOOL SCIENCE TEACHING
AND LEARNING: PROJECTILE MOTION OF SPINNING AND NON-SPINNING OBJECTS

มยุรี จักรสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเคลื่อนที่แบบ
โพรเจกไทล์ สำหรับวัดทฤษฎีและไม่วัดทฤษฎี



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL SET FOR HIGHSCHOOL SCIENCE TEACHING
AND LEARNING: PROJECTILE MOTION OF SPINNING AND NON-SPINNING OBJECTS



MAYUREE JAKSIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Physics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
สำหรับวัดคุณภาพและไม่วัด
ของ
มยุรี จักรสิทธิ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์แก้ว อุดมสมุทรวิทย์)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภาพงศ์ ชั่งจันทร์)
..... ที่ปรึกษาร่วม	 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ เรืองรุ่งโรจน์)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนุ่มและไม่นุ่ม
ผู้วิจัย	มยุรี จักรสิทธิ์
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนุ่มและไม่นุ่ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) ทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเป็นไปตามเกณฑ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 70/70 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) ศึกษาทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 34 คน และกลุ่มควบคุม 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนุ่มและไม่นุ่ม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.20/72.00 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ 3) กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาสูงกว่าร้อยละ 70 จำนวน 29 คน (จากทั้งหมด 34 คน) คิดเป็นร้อยละ 85.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

คำสำคัญ : ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์, วัตถุนุ่มและไม่นุ่ม

Title	DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL SET FOR HIGHSCHOOL SCIENCE TEACHING AND LEARNING: PROJECTILE MOTION OF SPINNING AND NON-SPINNING OBJECTS
Author	MAYUREE JAKSIT
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Associate Professor PONGKAEW UDOMSAMUTHIRUN , Ph.D.
Co Advisor	Krirk Saksupub , Ph.D.

The purposes of this research are as follows: (1) to construct a learning activity package on projectile motion for spinning and non-spinning objects; (2) to study the efficiency of the learning package; (3) to study learning achievement; and (4) to study the science oral presentations of students with regard to the learning activity package. The sample group of this study included eighty tenth grade students at Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary) in Bangkok and used purposive sampling. In addition, it consisted of an experimental group of thirty-four students and a control group of forty-six. The research instruments used in this study were as follows: (1) a learning activity package of projectile motion for spinning and non-spinning objects; (2) a learning achievement test; and (3) an assessment form for science oral presentation. The statistical analysis employed mean, standard deviation, and a t-test. The research findings were as follows: (1) the efficiency of the learning activity package was effective (E_1/E_2) at 86.20/72.00; (2) the learning achievement scores of the experimental group, after learning with the activity package was higher than those before and higher than the control group at a .05 level of statistical significance; and (3) there were twenty-nine of the thirty-four students in the experimental group (85.3%), and passed the criterion of science oral presentation, which was higher than the specified criterion at 70%

Keyword : Learning activity package, Projectile motion, Spinning and non-spinning objects

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ

โครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สควค. ที่ได้กรุณาให้ทุนการศึกษาในการเรียนตลอดหลักสูตร และการทำวิจัยครั้งนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิจัย ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือทุกปัญหาในงานวิจัย ทำให้ปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ อีกทั้งสร้างแรงบันดาลใจให้แก่ผู้วิจัยจนสามารถทำงานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริลักษณ์ เรืองรุ่งโรจน์ กรรมการบริหารหลักสูตรสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้กรุณาประสิทธิประสาท ความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัยตลอดจนให้คำปรึกษาและแนะนำในวันที่จิตใจอ่อนล้าและร่างกายหมดพลังจนสามารถผ่านพ้นช่วงเวลาที่ยากลำบาก ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาณิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาในการทำปริญญาณิพนธ์และการเขียนบทความวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังชี้แนะแนวทางให้งานวิจัยมีความราบรื่นทำให้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ และขอขอบคุณบุคลากรและนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บผลวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนายจักรกริ จักรสิทธิ์ ผู้เป็นบิดาและครอบครัวผู้คอยส่งเสริมสนับสนุนเสมอมา และขอบคุณบุคลากรทุกท่านในสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน ยิ่งไปกว่านั้นเพื่อนผู้ร่วมทางฝ่าฟันอุปสรรคและปัญหาในการทำวิจัย นายกฤษกร บุญประเสริฐ นิสิตปริญญาโท สควค. ผู้ที่คอยชี้แนะให้ความช่วยเหลือและกำลังใจให้กับผู้ทำวิจัยมาโดยตลอด

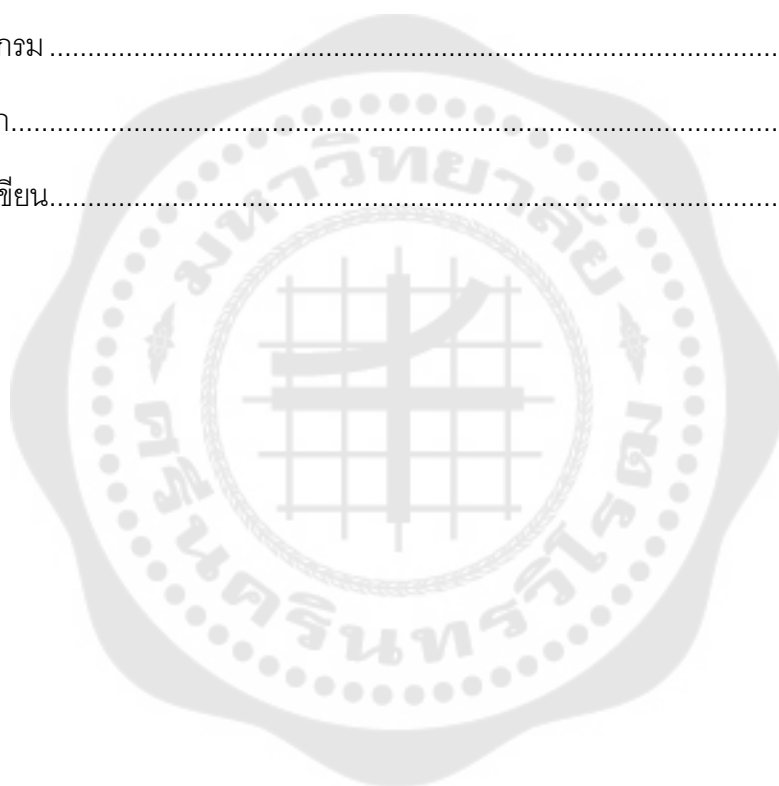
มยุรี จักรสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
ความสำคัญของงานวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
สมมติฐานงานวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุไม่หมุน.....	9
1.1 ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	9
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	14
2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุเกิดการหมุน	16
2.1 ปรัชญาการณัมแม็กนัส.....	16
2.2 แรงทางอากาศพลศาสตร์.....	17

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุน	20
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้	23
3.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	23
3.2 ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	24
3.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	25
3.4 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้	28
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้	29
3.6 ความหมายของประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	29
3.7 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	30
4. เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์	31
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์	31
4.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	31
4.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	32
4.4 แนวทางการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์	33
4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์	33
5. ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา	34
5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์	34
5.2 การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	37
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเครื่องมือวิจัย	37
ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องมือ	52
ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล	55
บทที่ 4	59

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	59
บทที่ 5.....	65
สรุปและอภิปรายผล.....	65
สรุปผลการวิจัย.....	65
อภิปรายผลการวิจัย	65
ข้อเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	92



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 องค์ประกอบที่สำคัญของชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากนักการศึกษา	27
ตาราง 2 สรุปสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยนี้	28
ตาราง 3 การสังเคราะห์องค์ประกอบในการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอ ด้วยวาจาตามแนวคิดของผู้วิจัย	35
ตาราง 4 รายละเอียดขององค์ประกอบแต่ละด้านในการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้าน การนำเสนอด้วยวาจา.....	36
ตาราง 5 สารการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	50
ตาราง 6 เนื้อหา หัวข้อการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้	51
ตาราง 7 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์.....	53
ตาราง 8 รายการประเมินและเกณฑ์การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วย วาจา.....	54
ตาราง 9 แบบแผนการทดลอง.....	56
ตาราง 10 การดำเนินการวิจัย	57
ตาราง 11 สรุปคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	59
ตาราง 12 เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	60
ตาราง 13 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุม.....	60
ตาราง 14 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองก่อนและหลังปฏิบัติการ	61
ตาราง 15 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	62
ตาราง 16 ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา.....	63
ตาราง 17 จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70.....	63

ตาราง 18 แสดงร้อยละคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการและหลังปฏิบัติการรายบุคคลของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนุ่มและไม่นุ่ม	84
---	----



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
ภาพประกอบ 2 การเปรียบเทียบการตกเสรีของลูกบอล 1 ที่ปล่อยให้ตกเสรี และการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ของลูกบอล 2	9
ภาพประกอบ 3 แสดงวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยเริ่มจากจุดกำเนิดแกนอ้างอิง x และ y . 10	
ภาพประกอบ 4 การกระจัดและความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	12
ภาพประกอบ 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากจุดเริ่มต้นเดียวกันด้วยอัตราเร็ว 50 เมตร/วินาที ที่มุมค่าต่าง ๆ.....	14
ภาพประกอบ 6 ลูกบอลออกแรงกระทำกลับอีกด้านของลูกบอลทำให้เกิดแรงแมกนัสมีทิศดังรูป 16	
ภาพประกอบ 7 แรงที่กระทำต่อวัตถุทรงกลมที่หมุนแบบกลับหลังขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ.....	17
ภาพประกอบ 8 แรงที่กระทำกับลูกเบสบอลหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ	20
ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะของวัตถุและลักษณะการยิงวัตถุในแนวระดับให้หมุนแบบแบ็กสปิน ออกไปในอากาศ	22
ภาพประกอบ 10 แนวการเคลื่อนที่ของเหรียญที่บิดให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับ	38
ภาพประกอบ 11 กราฟการกระจัดในแนวตั้งกับเวลาของเหรียญที่บิดออกไปในแนวระดับ	38
ภาพประกอบ 12 กราฟการกระจัดในแนวตั้งกับเวลาของเหรียญที่ปล่อยให้ตกอย่างอิสระใน แนวตั้ง.....	39
ภาพประกอบ 13 การออกแบบฐานปืนใหญ่ โดยผู้วิจัย ประกอบด้วย องค์ประกอบปืนใหญ่ (ซ้าย) และฐานรองซึ่งปรับระดับได้ (ขวา).....	40
ภาพประกอบ 14 องค์ประกอบของปืนใหญ่ ได้แก่ ฐานปืนใหญ่และฐานรองปรับระดับได้ หนึ่งยาง พลาสติกที่ใช้เป็นตัวส่งลูกปืนใหญ่และลูกปิงปองทรงกลม.....	40
ภาพประกอบ 15 องค์ประกอบของแก้วกระดาศทรงกระบอก	41

ภาพประกอบ 16 การกระจัดในแนวตั้งและแนวระดับของฉากหลังใช้ในการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนและระยะห่างในการติดตั้งกล้อง.....	42
ภาพประกอบ 17 แก้วกระดาษทรงกระบอกที่พันรอบด้วยหนังยางจำนวน 1 รอบ.....	42
ภาพประกอบ 18 แสดงแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุน ยิงออกไปทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ...	43
ภาพประกอบ 19 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 15 องศา กับแนวระดับ	44
ภาพประกอบ 20 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 30 องศา.....	44
ภาพประกอบ 21 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 45 องศา.....	44
ภาพประกอบ 22 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 60 องศา.....	45
ภาพประกอบ 23 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 0 องศา..	46
ภาพประกอบ 24 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 15 องศา	46
ภาพประกอบ 25 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 30 องศา	47
ภาพประกอบ 26 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็น 2 เท่าทำมุม 45 องศา..	47
ภาพประกอบ 27 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 60 องศา	47
ภาพประกอบ 28 กราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุที่วิเคราะห์จากโปรแกรม.....	69
ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างการตอบคำถามแบบฝึกหัดของกราฟการเคลื่อนที่	70
ภาพประกอบ 30 ปฏิบัติการฝึกสังเกตห้องเรียนในการศึกษานำร่อง	88
ภาพประกอบ 31 กิจกรรมการพูดหน้าชั้นเรียนของนักเรียนจากการศึกษานำร่อง	88
ภาพประกอบ 32 ทดสอบก่อนเรียนและฝึกปฏิบัติการเรียนรู้โปรแกรม Tracker	89
ภาพประกอบ 33 การใช้สมาร์ทโฟนบันทึกวีดิทัศน์ในกิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก.....	89
ภาพประกอบ 34 กิจกรรมนำเสนอหน้าชั้นเรียน.....	90
ภาพประกอบ 35 การวางแผนและออกแบบสร้างปืนใหญ่ในกิจกรรม ปืนใหญ่อยู่อยุธยา	90
ภาพประกอบ 36 วางแผนและทำการทดลองในกิจกรรม ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ.....	91

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ศาสตร์แห่งความรู้อันมีความสำคัญยิ่งต่อมนุษย์อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาประเทศ นั่นคือ วิทยาศาสตร์ ที่ทำให้มนุษย์เกิดการพัฒนาทางด้านความคิด ทั้งคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และคิดอย่างมีเหตุผล เพื่อให้เกิดผลดังกล่าวการเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นรากฐานสำคัญ ด้วยเหตุนี้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งหวังให้ทุกคนได้ผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการเชื่อมโยง เต็มไปด้วยความกระตือรือร้นในการศึกษาค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อสามารถนำเอาความรู้ไปปรับใช้กับสถานการณ์ปัจจุบันอย่างเป็นเหตุเป็นผล สอดคล้องกับการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ที่ส่งเสริมให้มีทักษะพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ การอ่านออก เขียนได้และทักษะของการคำนวณเป็น รวมทั้งทักษะการแก้ปัญหา การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่นและความคิดสร้างสรรค์และส่งเสริมสมรรถภาพอันก่อให้เกิดศาสตร์แห่งความรู้ได้อย่างไม่หยุดยั้ง

เมื่อพิจารณาแบบเรียนของห้องเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ประกอบด้วยสาระสำคัญ 8 สาระด้วยกัน โดยวิชาฟิสิกส์ถูกบรรจุเป็นสาระที่ 6 ซึ่งรายวิชาฟิสิกส์นี้เป็นหนึ่งสาขาของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ กฎและทฤษฎีที่เป็นฐาน และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสาขาวิชาอื่น ๆ ได้ แต่เมื่อพิจารณาสภาพการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนส่วนใหญ่พบว่า ครูหรือผู้สอนจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายเป็นหลักซึ่งไม่สามารถสร้างความสนใจอันก่อให้เกิดความสนใจใคร่รู้ ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติการฟิสิกส์ในห้องเรียนที่ไม่สนองต่อการพัฒนาความคิดของผู้เรียนของงานวิจัยของเยาวลักษณ์ บัวศรีใส อีกทั้งผู้เรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ สาเหตุเนื่องจากผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยายทำให้ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการทำกิจกรรม ไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ระดับวิเคราะห์ สังเคราะห์รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ได้ตนเอง (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) และจากการศึกษาของนักวิจัยเกี่ยวกับการเรียนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ (วสิน ค้ายบวรเลง, ชาดรี ฝ่ายคำ, & อภิชาติ พัฒนาโกวัฒนา, 2559) เกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ พบว่า โดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดสอบยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องความเร็วของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งร้อยละ 43 ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับของสถานการณ์การปล่อยลูกกระป๋องตกจากเครื่องบินได้ สอดคล้องกับการศึกษา

ของอนุชา แป้นจันทร์ (อนุชา แป้นจันทร์, ธิตยา บงกชเพชร, & ทิราณี ขำล้าเลิศ, 2555) ที่พบว่า ร้อยละ 57 ของผู้เรียนไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวโค้งและแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ทั้งนี้ไม่เพียงแต่พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้แนวโค้งและแนวระดับเท่านั้น ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ยังมีวัสดุและอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติการทางฟิสิกส์ จากการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ควรได้รับการแก้ไข (จตุพร พงศ์พิระ & ประสาท เนืองเฉลิม, 2560)

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ มนุษย์และพบได้โดยง่าย ตัวอย่างเช่น น้ำที่พุ่งออกมาจากลานน้ำพุหรือจากสายยางฉีดรดน้ำ ต้นไม้ การปัดของตกจากขอบโต๊ะหรือแม้กระทั่งดอกไม้ไฟ ล้วนเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทั้งสิ้น นอกจากนี้กีฬาประเภทลูกบอลต่าง ๆ เช่น บาสเกตบอล เทนนิส หรือกีฬาอิงธนุ (ชวลิต เลหาอุดมพันธ์, 2562) แต่เมื่อพิจารณาผลของแรงต้านอากาศและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระยะไกล แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับแตกต่างไปจากเดิม ตัวอย่างเช่น การยิงลูกฟุตบอลจากที่ไกล ๆ การตีโฮมรันของกีฬาเบสบอล การยิงลูกโทษของนักฟุตบอลที่ลูกบอลสามารถเลี้ยวโค้งผ่านผู้รักษาประตูแล้วเข้าประตูไปได้ เพราะเหตุใดลูกบอลจึงมีแนวการเคลื่อนที่เช่นนั้น เป็นคำถามที่ชวนสงสัยให้กับผู้ชมเหตุการณ์นี้ และเมื่อพิจารณาผลของแรงต้านอากาศของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ระยะไกล พบว่าสมการการเคลื่อนที่จะเพิ่มความสัมพันธ์ของแรงต้านอากาศกับความเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นรูปทรงและการหมุนรอบตัวเองของวัตถุล้วนมีผลต่อการเคลื่อนที่ทั้งสิ้น ตัวอย่างข้างต้นสามารถอธิบายได้ด้วยวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ปรากฏการณ์แมกนัส (Magnus effect) (Briggs, 1959) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปในอากาศไปพร้อมกับ การหมุน เมื่อพิจารณาแรงสุทธิที่กระทำต่อวัตถุที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ โดยผลของแรงต้านอากาศมีค่ามากพอ พบว่า แรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ ได้แก่ แรงโน้มถ่วง (Weight) แรงต้านอากาศ (Air resistance) และแรงแมกนัส (Magnus force) เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ได้มีเพียงแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว ทำให้แรงสุทธิมีขนาดเปลี่ยนไป ส่งผลให้แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุแตกต่างไปจากแนวการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้งทั่วไป (John, 2009) ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศอย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาการเรียนการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง โดยเนื้อหาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในบทเรียนนั้น ไม่พิจารณาผลของแรงต้านอากาศและวัตถุไม่เกิด

การหมุน จากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ งานพบว่า แรงทางอากาศพลศาสตร์ รูปทรงของวัตถุและการหมุนรอบตัวเองของวัตถุขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศล้วนมีผลต่อแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผู้วิจัยได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองกรณี ทั้งเกิดการหมุนและไม่เกิดการหมุน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ได้แก่ การศึกษาวัตถุสองชิ้นที่ปล่อยให้เคลื่อนที่ต่างกัน โดยวัตถุชิ้นแรกปล่อยให้ตกอย่างเสรีในแนวตั้ง ส่วนอีกอันทำให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับ (สสวท. 2560) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุน ซึ่งทำการทดลองร่วมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์เพื่อพิจารณาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบ 2 มิติ (ถาวร เรืองบุญ & สุริยะ วุฒิพรหม, 2559) ผู้วิจัยทำการศึกษากการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนของวัตถุทรงกระบอกซึ่งสร้างจากแก้วกระดาษสองใบแล้วทำให้หมุนแบบแบ็กสปินขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ (Cross, 2012a)

รูปแบบนวัตกรรมที่เสริมสร้างการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพระดับมัธยมศึกษาพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นวิธีหนึ่งที่มุ่งหวังให้บุคคลผู้ซึ่งผ่านประสบการณ์เรียนรู้ได้ฝึกทักษะแสวงหาความรู้ สามารถเรียนรู้ได้เองจากการลงมือทำ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (คณาภรณ์ รัตมีมารีย์, 2559) ผู้วิจัยสนใจออกแบบชุดกิจกรรม พร้อมทั้งประยุกต์ใช้สมาร์โฟนของผู้เรียนในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน และประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน
2. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน ในประเด็นดังนี้
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2 ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

ความสำคัญของงานวิจัย

1. ทำให้ได้ชุดกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพ
2. ส่งเสริมทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา
3. การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์จะถูกนำไปประยุกต์ใช้โดยครูวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียน 120 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 34 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

กลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุมที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 46 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบปกติ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนอนและไม่หมุน
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนอนและไม่หมุน
 - 2.2 ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ รายวิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ในรายวิชา ฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลาทั้งหมดรวม 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 45 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนาม หมายถึง สื่อสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry Approach) ซึ่งมีแนวความคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่ส่งเสริมการปฏิบัติเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ประกอบด้วย

1.1 กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนาม ประกอบด้วย 3 กิจกรรม อันได้แก่

1.1.1 กิจกรรมที่ 1 กิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก

1.1.2 กิจกรรมที่ 2 กิจกรรมปืนใหญ่อยุธยา

1.1.3 กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วนาม ๆ

1.2 บทปฏิบัติการทดลองและแบบฝึกหัดเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีนามและนาม หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนาม ได้ถูกในแต่ละข้อจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 20 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ครอบคลุมพฤติกรรมกรเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม (ปรับปรุง) (Bloom's revised taxonomy) 3 ด้าน คือ

2.1 เข้าใจ (Understanding) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถตีความและการขยายความเรื่องกรเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนาม มี 7 ข้อ

2.2 นำไปใช้ (Applying) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถในการนำความรู้ หลักการแนวคิดเรื่องกรเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุนามและนามไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ มี 5 ข้อ

2.3 วิเคราะห์ (Analysing) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถแยกแยะองค์ความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนได้ออกเป็นส่วน ๆ และสามารถหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงหลักการได้ มี 8 ข้อ

3. ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา หมายถึง ผู้เรียนพูดสื่อสาร วิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม โดยพิจารณาจากแบบประเมินทักษะสื่อสาร วิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา กำหนดค่าออกเป็น 5 ระดับ จำนวน 8 ข้อ ตามวิธีของลิ เคิร์ท ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่

3.1 ด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง ระบุเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนได้ถูกต้อง ครบถ้วน เป็นลำดับขั้นตอนและนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจ/ แก่ผู้ฟัง จำนวน 2 ข้อ

3.2 ด้านสื่อแทนความ (Media) หมายถึง เลือกใช้สื่อรูปภาพ กราฟ แผนภูมิ แผนภาพ หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา และสื่อ แทนความนั้นทำให้ผู้ฟังเข้าใจได้ง่าย จำนวน 2 ข้อ

3.3 ด้านการแสดงตัวอย่าง (Illustration) หมายถึง มีการยกตัวอย่างประกอบขณะ บรรยายหน้าชั้นเรียน จำนวน 2 ข้อ

3.4 ด้านภาษา (Presentation) หมายถึง เลือกใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง ได้แก่ ภาษา ทางวิทยาศาสตร์หรือภาษาทั่วไป หากมีการเลือกใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ต้องมีการขยายคำศัพท์นั้น จำนวน 2 ข้อ

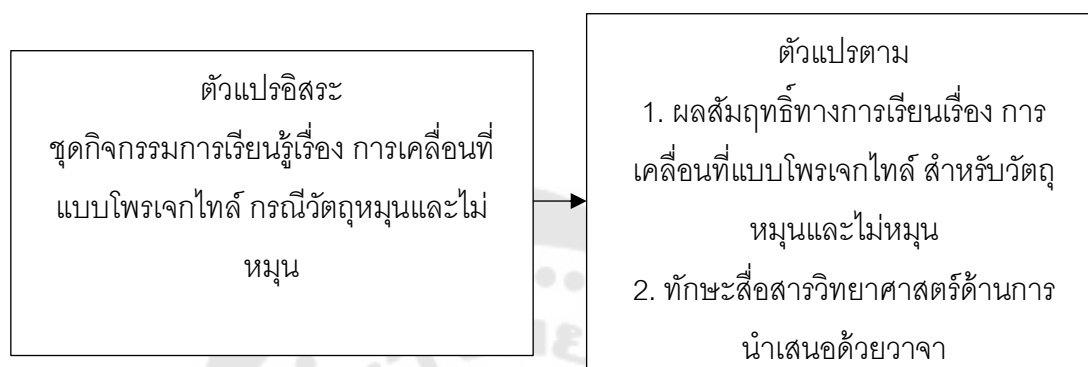
4. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการ เรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน ที่ช่วยให้บุคคลที่ผ่านการ ปฏิบัติด้วยชุดกิจกรรมบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2

4.1 ประสิทธิภาพตัวแรก (E_1) หมายถึง คะแนนร้อยละเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการของ ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณี วัตถุหมุนและไม่หมุน ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

4.2 ประสิทธิภาพตัวหลัง (E_2) หมายถึง คะแนนร้อยละเฉลี่ยหลังปฏิบัติการของ ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณี วัตถุหมุนและไม่หมุน ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry Approach) (ธาดาธาสีทิ, 2019) กรอบแนวคิดในการวิจัยสรุปโดยผู้วิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานงานวิจัย

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน มีคะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุไม่หมุน
 - 1.1 ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุไม่หมุน
 - 1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุไม่หมุน
2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุน
 - 2.1 ปรัชญาการณแม็กนัส
 - 2.2 แรงทางอากาศพลศาสตร์
 - 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุน
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.2 ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.6 ความหมายของประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.7 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.4 แนวทางการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา
 - 5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์
 - 5.2 การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

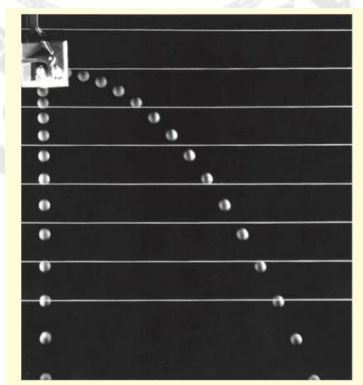
1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุไม่หมุน

1.1 ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

นักการศึกษาหลายท่าน (ช่วง ทมทิศรงค์, 2554; ชวรัตน์ ศิริวงษ์, 2559; พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2556) ได้ให้ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยมีใจความสำคัญร่วมกันว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นเส้นโค้งผ่านอากาศในบริเวณใกล้ผิวโลกและตกกลับมาที่ตำแหน่งพื้นด้วยความเร่งความโน้มถ่วงของโลก โดยมีความเร็วคงตัวในแนวราบและความเร่งคงตัวในแนวตั้งซึ่งเท่ากับค่า g ในทิศชี้ลง ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ การเคลื่อนที่ของโพรเจกไทล์จะประกอบด้วย การเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับที่เป็นอิสระต่อกัน

สรุปความได้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Gravitational force) เพียงแรงเดียว แรงต้านอากาศ (Air resistance) มีค่าน้อยมาก เมื่อวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ลักษณะดังกล่าวจะมีแนวการเคลื่อนที่เป็นรูปพาราโบลาเสมอ และประกอบไปด้วยแนวการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับที่เป็นอิสระต่อกัน โดยแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้ความเร่งคงตัวและการเคลื่อนที่ในแนวระดับเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

เนื่องจากแรงในแนวตั้งไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ในแนวราบ ดังนั้นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จึงสามารถแยกพิจารณาการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 แนว อิสระต่อกัน ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การเปรียบเทียบการตกเสรีของลูกบอล 1 ที่ปล่อยให้ตกเสรี และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกบอล 2

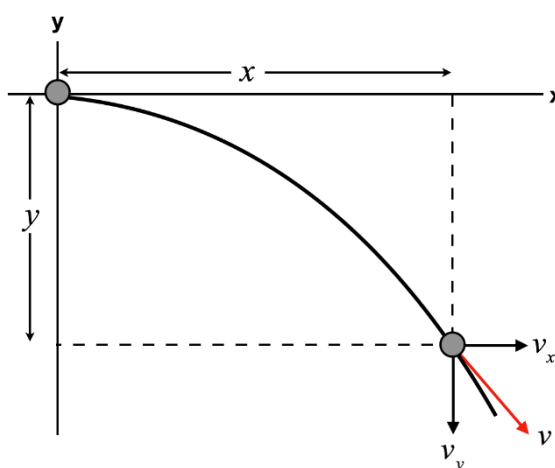
ที่มา: Duncan, T., & Kennett, H. (2014). Cambridge IGCSE Physics (3rd ed.). London:

Hodder Education, a Hachette UK company, 19.

จากภาพประกอบ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของลูกบอล 2 ลูก ซึ่งเริ่มเคลื่อนที่ ณ เวลาเดียวกัน โดยลูกบอล 1 ถูกปล่อยให้ตกเสรีในแนวดิ่งซึ่งมีขนาดความเร็วต้นในแนวดิ่งเป็นศูนย์ ($u_y = 0$) ส่วนลูกบอล 2 ถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วต้นซึ่งพบว่าลูกบอล 2 มีการเคลื่อนที่เป็นแนววิถีโค้ง

การเคลื่อนที่ในแนวระดับ

วัตถุที่ถูกขว้างออกไปในแนวระดับจะมีความเร็วในแนวระดับคงตัว เพราะว่าแรงสุทธิในแนวระดับที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ โดยถือว่าแรงต้านอากาศมีค่าน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด ในการกำหนดเครื่องหมายของปริมาณในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กำหนดให้ปริมาณที่มีทิศไปทางขวามีเครื่องหมายบวก (+) ส่วนปริมาณที่มีทิศลง ได้แก่ การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง มีเครื่องหมายลบ (-)



ภาพประกอบ 3 แสดงวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยเริ่มจากจุดกำเนิดแกนอ้างอิง x และ y

จากภาพประกอบ 3 ให้แกน x เป็นแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวระดับ และแกน y เป็น การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

เมื่อ

$\bar{x}$ คือ การกระจัดของวัตถุในแนวระดับ หน่วย เมตร (m)

$\vec{v}_x$ คือ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับซึ่งมีค่าคงตัว หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

การกระจัดของวัตถุในแนวระดับในช่วงเวลา t สามารถหาได้จากสมการ (2-1)

$$\Delta \bar{x} = \bar{v}_x t \quad (2-1)$$

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

เมื่อพิจารณาวัตถุที่ตกเสรีของวัตถุมวล m พบว่า มีเพียงแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียวที่กระทำกับวัตถุในทิศลงแนวดิ่ง ซึ่งการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโปรเจกไทล์ในแนวดิ่งจะเหมือนกับ การปล่อยวัตถุตกแบบเสรี คือมีความเร็วต้นในแนวดิ่งเป็นศูนย์ และมีความเร่งคงตัวซึ่งเท่ากับ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก $\bar{a}_y = -\bar{g}$ มีทิศทางลง

$\bar{v}_y$ คือ ความเร็วในแนวดิ่ง หน่วย เมตรต่อวินาที m/s
จะหาความเร็วในแนวดิ่ง ที่ช่วงเวลา t เริ่มได้จากสมการ (2-2)

$$\bar{v}_y = \bar{u}_y + \bar{a}_y t \quad (2-2)$$

ในที่นี้ $\bar{u}_y = 0$ และ $\bar{a}_y = -\bar{g} = -9.8 \text{ m/s}^2$

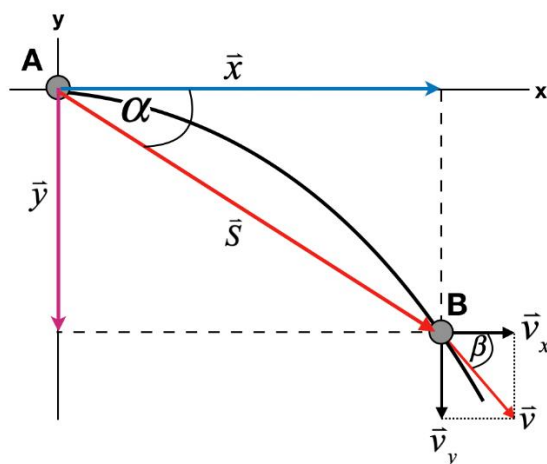
ดังนั้น

$$\bar{v}_y = -\bar{g}t \quad (2-3)$$

$\bar{y}$ คือ การกระจัดในแนวดิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป t จะหาการกระจัดในแนวดิ่ง ได้จาก สมการ (2-4)

$$\bar{y} = \bar{u}_y t + \frac{1}{2} \bar{g} t^2 \quad (2-4)$$

การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์มีการเคลื่อนที่ทั้งแนวราบและแนวดิ่งพร้อมกัน ซึ่ง สามารถหาการกระจัดและความเร็วในแนวดิ่งกับแนวระดับแยกออกจากกัน แล้วนำมาคิดการ กระจัดลัพธ์และความเร็วลัพธ์ของวัตถุ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 การกระจัดและความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุขณะเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากภาพประกอบ 4 วัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง B มีการกระจัดลัพธ์เป็น $\vec{S}$ ซึ่งทำมุม α กับแนวระดับ มีการกระจัดในแนวระดับคือ $\vec{x}$ และการกระจัดในแนวตั้งคือ $\vec{y}$

ความเร็ว ณ ขณะหนึ่ง $\vec{v}$ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับแนวโค้งพาราโบลา ซึ่งทำมุม β กับแนวระดับ มีความเร็วในแนวระดับคือ $\vec{v}_x$ และความเร็วในแนวตั้งคือ $\vec{v}_y$

หาขนาดของการกระจัดลัพธ์ได้จากสมการ (2-5)

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2-5)$$

เมื่อ

x คือ ขนาดการกระจัดในแนวระดับ หน่วย เมตร (m)

y คือ ขนาดการกระจัดในแนวตั้ง หน่วย เมตร (m)

S คือ ขนาดการกระจัดลัพธ์ หน่วย เมตร (m)

หาขนาดของความเร็วลัพธ์ได้จากสมการ (2-6)

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2-6)$$

เมื่อ

v_x คือ ขนาดความเร็วในแนวระดับ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

v_y คือ ขนาดความเร็วในแนวตั้ง หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

v คือ ขนาดความเร็วลัพธ์ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

ระยะทางในแนวราบและระยะสูงสุด

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ขึ้นลงและตกกลับมาที่ระดับเดียวกัน ดังนั้นเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จะวัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสูงสุด จะเท่ากับเวลาที่วัตถุใช้เคลื่อนที่จากจุดสูงสุดถึงจุดสุดท้ายที่ระดับเดียวกัน เวลาของการเคลื่อนที่ทั้งหมดพิจารณาจากเวลา 2 เท่า ของเวลาที่วัตถุใช้เคลื่อนที่ ณ จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสูงสุด หรือ ณ จุดสูงสุดถึงจุดสุดท้าย

สามารถหาเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสูงสุดได้จากสมการเส้นตรงในสมการ (2-7)

$$\begin{aligned} v_y &= u_y + a_y t \\ 0 &= +u \sin \theta + (-g)t \\ t &= \frac{u \sin \theta}{g} \end{aligned} \quad (2-7)$$

เนื่องจากวัตถุใช้เวลาเคลื่อนที่ขึ้นเท่ากับเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ลง ดังนั้นเวลาทั้งหมดของวัตถุที่เคลื่อนที่ขึ้นและตกกลับมายังตำแหน่งเดิม สามารถหาได้จากสมการ (2-8)

$$t = \frac{2u \sin \theta}{g} \quad (2-8)$$

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสูงสุด ณ ตำแหน่งสูงสุดความเร็วในแนวตั้งมีค่าเป็นศูนย์ ความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุดมีขนาดเท่ากับความเร็วในแนวระดับ สามารถหาขนาดของการกระจัดสูงสุดได้จากสมการ (2-9)

$$\begin{aligned} v_y^2 &= u_y^2 + 2ah \\ 0 &= +u \sin \theta + 2gh \\ h &= \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g} \end{aligned} \quad (2-9)$$

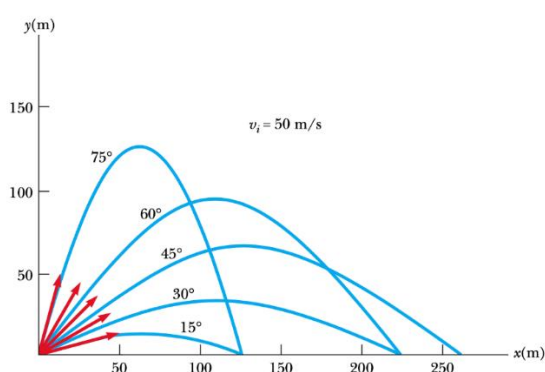
เมื่อวัตถุตกกลับมาที่ตำแหน่งเดิม สามารถหาขนาดการกระจัดในแนวราบที่เคลื่อนที่ในเวลา t ได้จากสมการ (2-10)

$$\begin{aligned} x &= vt \\ x &= u \cos \theta \frac{2u \sin \theta}{g} \end{aligned}$$

$$x = \frac{u^2}{g} (2 \sin \theta \cos \theta)$$

$$x = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g} \quad (2-10)$$

จากสมการ (2-10) เมื่อ u มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และ เมื่อ $\theta = 45^\circ$ การกระจัดในแนวระดับจะมีขนาดมากที่สุด ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากจุดเริ่มต้นเดียวกันด้วยอัตราเร็ว 50 เมตร/วินาที ที่มุมค่าต่าง ๆ

ที่มา: Raymond A. Serway, J. W. J. (2014). Physics for Scientists and Engineers with modern physics (9th ed.). Boston, USA: Physical Sciences: Mary Finch.

จากภาพประกอบ 5 เมื่อพิจารณาการยิงวัตถุให้เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่มีขนาดของความเร็วต้นไม่เปลี่ยน จากสมการ (2-10) จะพบว่า เมื่อ $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$ วัตถุจะตกที่ระดับเดียวกัน นั่นคือ มีขนาดการกระจัดในแนวระดับเท่ากัน

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่กล่าวมาข้างต้นอยู่บนสมมติฐานที่ไม่ได้พิจารณาแรงต้านอากาศ แต่ในกรณีแรงต้านอากาศมีผลอย่างมีนัยสำคัญ

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากการศึกษางานวิจัยของศรัญญู เมืองกระจ่าง (ศรัญญู เมืองกระจ่าง, สุเมธ ไทยกลาง, ปณิธาน พิมพ์หนู, & คูเจริญไพศาล, 2558) ที่ได้นำเสนอผลการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์

เรื่องแรงและการเคลื่อนที่เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้ดำเนินการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยชุดกิจกรรม 1 ชุด ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมแรงพยางค์และกิจกรรมการเคลื่อนที่แนวตรงและแนวโค้งของวัตถุ ในแต่ละกิจกรรมจะมีกิจกรรมย่อยๆ ที่ส่งเสริมทักษะพื้นฐาน 8 ด้าน ซึ่งกิจกรรมที่ 2 การเคลื่อนที่แนวตรงและการเคลื่อนที่แนวโค้งของวัตถุ ได้พัฒนาชุดกิจกรรมยิงไปเข้าห่วงเพื่อทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวโค้งของวัตถุ โดยสร้างเครื่องยิงวัตถุลูกกระสุนกระดาดและห่วง จากนั้นทดลองยิงลูกกระสุนให้เข้าห่วงที่อยู่ในระยะ 3 เมตร เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งขันยิงกระสุนกระดาดให้เข้าห่วงจำนวน 5 ลูก

เมื่อพิจารณาแบบเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม พบตัวอย่างกิจกรรมที่วัตถุมีการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาโดยใช้เหรียญสองเหรียญปล่อยให้เคลื่อนที่ ณ ความสูงเดียวกันและเวลาเดียวกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับไปพร้อมกัน โดยการวางเหรียญไว้ที่ขอบโต๊ะจำนวน 1 เหรียญ ส่วนอีกเหรียญที่มีขนาดเท่ากันวางไว้บนไม้บรรทัดส่วนที่ยื่นออกมาจากขอบโต๊ะ กดที่ปลายอิสระของไม้บรรทัดที่เหรียญวางอยู่ไว้จากนั้นใช้ไม้บรรทัดอีกอันเคาะไม้บรรทัดส่วนที่ยื่นออกมา ทำการทดลองซ้ำโดยให้นักเรียนลองเปลี่ยนแรงในการเคาะขนาดต่าง ๆ กัน สังเกตแนวการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสองและสรุปอภิปรายผลจากสิ่งที่ได้สังเกต

ถาวร เรืองบุญ และสุระ วุฒิพรหม (ถาวร เรืองบุญ & สุริยะ วุฒิพรหม, 2559) ได้ทำการสร้างเครื่องยิงโพรเจกไทล์จากการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ฐานยิงและปืนยิงวัตถุ โดยฐานยิงทำจากแผ่นไม้กระดาน ส่วนปืนยิงทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 cm ยาว 15-20 cm จำนวน 1 ท่อน พันด้วยลวดทองแดงจำนวน 240 รอบ เพื่อทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกแรงกระทำต่อแท่งเหล็กที่อยู่ในขดลวดให้เคลื่อนที่ในแนววิถีโค้ง ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายวิถีทัศน์ของการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กด้วยโปรแกรม Tracker โดยพิจารณาหาค่าความเร่ง ความโน้มถ่วงได้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 จากกราฟการกระจัดในแนวดิ่งกับเวลา ($y-t$) ที่เป็นการกระจัดในการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นพาราโบลา วิธีที่ 2 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา t ที่แสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง วิธีที่ 3 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวแกน y และเวลา t ที่บ่งบอกถึงความเร่งของการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก เมื่อวิเคราะห์ความเร่ง g จากกราฟการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กทั้ง 3 วิธี ความเร่งของความโน้มถ่วงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -9.678 m/s^2 ร้อยละความคลาดเคลื่อน 1.25 แสดงให้เห็นว่าผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่

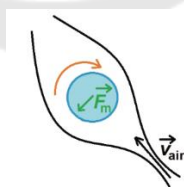
ผู้วิจัยได้ประยุกต์กิจกรรมการทดลองของ สสวท. ในกิจกรรมการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถจำแนกแนวทางการเคลื่อนที่ในแนวต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้ ร่วมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในแต่ละกิจกรรม

2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุเกิดการหมุน

2.1 ปรากฏการณ์แม็กนัส

ในปี ค.ศ. 1831 ไฮน์ริช กุสตาฟ แม็กนัส (Heinrich Guvstav Magnus) ค้นพบว่า ปรากฏการณ์การหมุนของลูกบอลที่เกี่ยวข้องกับอากาศเรียกว่า “ปรากฏการณ์แม็กนัส (Magnus effect)” เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหมุนเคลื่อนที่ไปในอากาศจะเกิดแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุหมุนทำให้แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนที่เคลื่อนที่ไปในอากาศต่างจากแนวทางการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาทั่วไป เรียกแรงที่เกิดขึ้นจากการหมุนของวัตถุว่า “แรงแม็กนัส (Magnus force)” (John, 2009)

ปรากฏการณ์แม็กนัสอธิบายต่อไปว่า ขณะที่วัตถุหมุนเคลื่อนที่แหวกไปในอากาศจะดึงเอาอากาศรอบๆ ให้หมุนตามไปด้วย อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านซีกลูกหนึ่งของวัตถุซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการหมุนของวัตถุจะทำให้ความเร็วของอากาศที่สัมผัสกับวัตถุฝั่งนั้นลดลง ส่วนอีกซีกหนึ่งที่อากาศเคลื่อนที่ในทิศเดียวกับทิศการหมุนของวัตถุ ทำให้ความเร็วของอากาศที่สัมผัสกับวัตถุฝั่งนั้นเพิ่มขึ้น อากาศจากฝั่งที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุออกแรงกระทำต่อวัตถุ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน ลูกบอลจะออกแรงกระทำกลับขนาดเท่ากันและมีทิศตรงข้ามซึ่งแรงที่กระทำกลับนี้เรียกว่า แรงแม็กนัส ดังภาพประกอบ 6

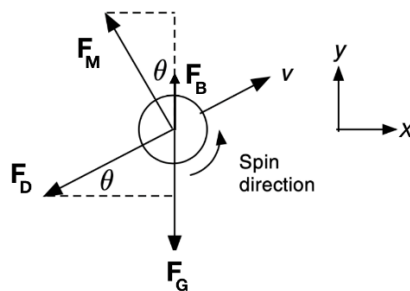


ภาพประกอบ 6 ลูกบอลออกแรงกระทำกลับอีกด้านของลูกบอลทำให้เกิดแรงแม็กนัสมีทิศดังรูป

ที่มา: Timkova, V., & Jeskova, Z. (2017). How Magnus Bends the Flying Ball - Experimenting and Modeling. The Physics Teacher, 55(112), 112-114

2.2 แรงทางอากาศพลศาสตร์

วัตถุหมุนที่เคลื่อนที่ไปในอากาศจะมีแรงกระทำต่อวัตถุทั้งหมด 4 แรง ได้แก่ แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational force: F_G) แรงลอยตัวในอากาศ (Buoyant force: F_B) แรงต้าน (Drag force: F_D) และแรงแม็กนัส (Magnus force: F_M) ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แรงที่กระทำต่อวัตถุทรงกลมที่หมุนแบบกลับหลังขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ

2.2.1 แรงต้าน (Drag)

แรงต้านเป็นแรงที่มีทิศทางตรงข้ามกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งหาขนาดของแรงต้านได้จากสมการ (2-11)

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2 \quad (2-11)$$

โดยที่

F_D คือ ขนาดแรงต้าน (N)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

A คือ พื้นที่ส่วนหน้าตัดของวัตถุหมุน (m^2)

C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงต้าน เป็นปริมาณ ไม่มีหน่วย

v คือ ขนาดความเร็วของวัตถุ (m/s)

ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (C_D) จะขึ้นกับค่าตัวเลขที่ไม่มีหน่วย เรียกว่า ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold number: Re สามารถหาได้จากสมการ (2-12)

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{\rho vd}{\mu} \quad (2-12)$$

โดยที่

Re คือ ตัวเลขเรย์โนลด์

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีหน่วยเป็น (m/s)

ν คือ ความหนืดไคมาติก มีหน่วยเป็น ปาสคาลวินาที ($Pa \cdot s$)

ความหนืดจลน์ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic viscosity) เป็นอัตราส่วนของความหนืด (viscosity) ต่อความหนาแน่น (Density)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-13)$$

เมื่อ

ν คือ ความหนืดจลน์หรือความหนืดคิเนมาติก (m/s^2)

μ คือ ความหนืด ($N \cdot s/m^2$)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

2.2.2 แรงแม็กนัส (Magnus force)

แรงแม็กนัสเป็นแรงที่มีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วของวัตถุ คือความเร็วในการเคลื่อนที่ไปในอากาศและความเร็วเชิงมุมของการหมุนของวัตถุที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ หาขนาดของแรงได้จากสมการ (2-14)

$$F_M = \frac{1}{2} \rho A C_M v^2 \quad (2-14)$$

โดยที่

F_M คือ ขนาดแรงแม็กนัส (N)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

A คือ พื้นที่ส่วนหน้าตัดของวัตถุ (m^2)

C_M คือ สัมประสิทธิ์แรงแม็กนัส เป็นปริมาณ ไม่มีหน่วย

v คือ ความเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็น (m/s)

สัมประสิทธิ์แรงแม็กนัสต่างจากสัมประสิทธิ์ของแรงต้าน เนื่องจากเป็นปริมาณที่ไม่ได้ขึ้นกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นกับความเร็วในการหมุนของวัตถุด้วย เขียนในรูปสมการได้ว่า

$$C_M = K_u S \quad (2-15)$$

โดยที่

S คือ สปินพารามิเตอร์ สามารถหาขนาดได้จากสมการ (2-16)

$$S = \frac{\omega r}{v} \quad (2-16)$$

เมื่อ

ω คือ ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

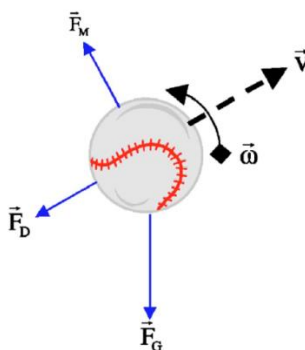
r คือ รัศมี มีหน่วยเป็น เมตร (m)

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

จากสมการ (2-16) K_u เป็นอัตราส่วนคงตัวระหว่างสัมประสิทธิ์แรงแม็กนัสและสปินพารามิเตอร์ หาได้จากสมการ (2-17)

$$K_u = \frac{C_M}{S} \quad (2-17)$$

พิจารณาลูกเบสบอลทรงกลมที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แรงที่กระทำกับลูกเบสบอลหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ

ที่มา: Nathan. M., A. (2007). The effect of spin on the flight of a baseball. American Journal Physics, 76(2), 119-124.

จากภาพประกอบ 8 พบว่า ลูกเบสบอลทรงกลมหมุนเคลื่อนที่ไปในอากาศมีทิศความเร็ว ($\vec{v}$) เฉียงขึ้นไปทางขวา มีทิศการหมุนทวนเข็มนาฬิกาทำให้ความเร็วเชิงมุม ($\vec{\omega}$) มีทิศพุ่งออกสามารถหาทิศทางของแรงแม็กนัส ($\vec{F}_M$) ที่กระทำกับลูกเบสบอลทรงกลมได้โดยการใช้กฎมือขวาดังสมการ (2-18)

$$\vec{F}_M = \vec{\omega} \times \vec{v} \quad (2-18)$$

เมื่อ $\vec{F}_M$ คือ แรงแม็กนัส หน่วย นิวตัน (N)

$\vec{\omega}$ คือ ความเร็วเชิงมุมของวัตถุหมุน หน่วย เรเดียน/วินาที (rad/s)

$\vec{v}$ คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ หน่วย เมตร/วินาที (m/s)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุน

ปัจจุบันในอากาศขณะเดียวกันก็เกิดการหมุนไปด้วยได้ถูกศึกษากันอย่างแพร่หลาย นักวิจัยหลายท่านได้มีการพัฒนาและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ

ครอส (Cross, 2007) ได้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ศึกษาเกี่ยวกับแรงทางอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) ได้แก่ แรงลอยตัว (Buoyant force) แรงลาก (Drag force) และแรงแม็กนัส (Magnus force) เพื่อออกแบบเป็นชุดการสอน โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย คือ ลูกโป่งยาง

โดยการเป่าลมเข้าไปในลูกโป่ง ลักษณะของลูกโป่งที่เลือกใช้เป็นวงรี การทดลองประกอบด้วย 2 กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 การหาแรงลากที่กระทำในแนวดิ่ง ทำการทดลองโดยการปล่อยลูกโป่งลงมาในแนวดิ่งที่ระดับความสูง 3 เมตร เพื่อป้องกันการสั่นของลูกโป่งซึ่งจะก่อให้เกิดการเบี่ยงไปมา ในขณะที่เคลื่อนที่ ทำการติดเมล็ดถั่วขนาด 2.1 กรัมไว้ที่ด้านล่างของลูกโป่ง

กิจกรรมที่ 2 การหาแรงแมกนัส โดยการใช้ลูกโป่งเดิม จุดเด่นของการทดลองนี้ก็คือ การทำให้ลูกโป่งเกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ในอากาศนานขึ้นโดยการใช้เทปใสขนาด 0.67 กรัม ติดรอบจุดศูนย์กลางของลูกโป่งเพื่อเป็นการเพิ่มความเฉื่อยในการหมุนและในขณะที่ปล่อยให้ตก จะต้องยกมือขึ้นพร้อมกับหมุนลูกโป่งไปด้วยแล้วทำการปล่อยให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่ระดับความสูง 3 เมตร

จากการศึกษางานวิจัยนี้พบว่า ชุดการทดลองนี้เป็นตัวอย่างที่ดีในการสร้างความสนใจและแสดงให้เห็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหมุนของวัตถุในการเคลื่อนที่ไปในอากาศ มีข้อดีคือ

- 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจัดหาง่ายในชีวิตประจำวันและราคาถูก
- 2) มีการทดลองที่หลากหลายแสดงให้เห็นถึงแรงทางอากาศพลศาสตร์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อเคลื่อนที่ไปในอากาศ

- 3) เป็นตัวอย่างกรณีที่เกิดแรงแมกนัสบริเวณด้านข้าง (sideway Magnus force)
- 4) ผู้เรียนสามารถทำการทดลองซ้ำได้ที่บ้าน

ข้อจำกัดถ้ามีการประยุกต์ใช้การทดลองนี้ในการจัดการเรียนการสอนคือ

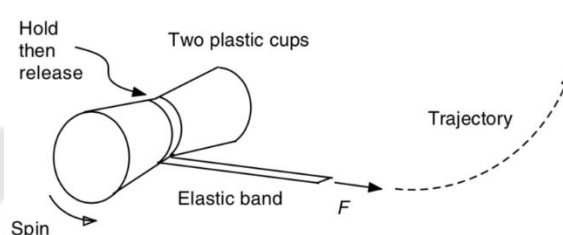
- 1) ในการปล่อยวัตถุให้ตกลงมาในแนวดิ่งที่ระดับความสูง 3 เมตร เป็นความสูงที่มากเกินไปสำหรับการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ทำการทดลองได้

- 2) สำหรับการทดลองในห้องเรียน การทดลองแรงลอยตัวพบว่าขนาดของแรงมีค่าน้อยมากสามารถเป็นกรณียกเว้นไม่นำมาคิดก็ได้

ต่อมาในปี ค.ศ. 2012 ครอส (Cross, 2012b) สร้างวัตถุลักษณะคล้ายทรงกระบอกที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ โดยออกแบบให้เข้ากับการปฏิบัติการทางฟิสิกส์ในห้องเรียน จุดเด่นของชุดการทดลองนี้ก็คือ การใช้แก้วพลาสติกจำนวน 2 ใบ นำส่วนกันแก้วต่อกันให้เป็นรูปทรงกระบอกและเชื่อมด้วยเทปกาวยใส พบว่ามวลสุทธิของวัตถุมีขนาด 13.2 กรัม ซึ่งมี

ลักษณะมวลเบา ความยาวสุทธิที่ 132 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของปากแก้วขนาด 60 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของก้นแก้วขนาด 45 มิลลิเมตร

กิจกรรมการทดลองสามารถทดลองได้ในห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการโดยการใช้ยางพลาสติกพันรอบตรงกลางของแก้วพลาสติกจำนวน 3 รอบ ในแนวทวนเข็มนาฬิกา โดยที่มือข้างหนึ่งจับยางที่พันรอบแก้วพลาสติก ส่วนมือข้างยี่ดหนึ่งยางพลาสติกออกไปในแนวระดับดังแสดงในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะของวัตถุและลักษณะการยิงวัตถุในแนวระดับให้หมุนแบบแบ็กสปิน ออกไปในอากาศ

ที่มา: Rod Cross. (2012). Measuring the effects of lift and drag on projectile motion. The Physics Teacher. 50(80), 80 – 82.

จากภาพประกอบ 9 ลักษณะการพันรอบของยางพลาสติก จะทำให้แก้วพลาสติกหมุนออกมาในแนวการหมุนกลับหลังหรือเรียกว่า แบ็กสปิน (back spin) ทำให้แก้วพลาสติกที่ยิงออกมาในแนวระดับเกิดการหมุนขณะที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ ผลของการทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวการเคลื่อนที่ของแก้วพลาสติกแตกต่างจากแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั่วไปซึ่งวิถีการเคลื่อนที่นั้นมีลักษณะวกกลับมายังตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุก่อนตกลงสู่พื้น เป็นผลมาจากแรงยกหรือแรงแม็กนัสที่กระทำกับแก้วพลาสติก หรือวัตถุหมุน

จากการศึกษางานวิจัยนี้พบว่าเป็นการทดลองที่สามารถปฏิบัติได้ในห้องเรียนฟิสิกส์ของมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งมีข้อดีคือ

- 1) อุปกรณ์หาได้ง่าย ผู้เรียนสามารถสร้างได้ด้วยตนเอง
- 2) แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์แม็กนัสได้อย่างชัดเจน สามารถวัดแนวการเบี่ยงเบน

ได้ง่าย

3) เป็นการทดลองที่ทำได้ง่ายและไม่เป็นอันตรายต่อผู้เรียนเมื่อทำการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการทดลอง

ทิมโควา (Timkova & Jeskova, 2017) ได้นำเสนอชุดการทดลองเพื่อศึกษาการแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนซึ่งสร้างมาจากลูกบอลพลาสติกกลวงมวลเบา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เทียบกับแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Simulation) กิจกรรมการทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้วัตถุที่ทรงกลมพลาสติกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กลิ้งลงมาจากพื้นเอียงความยาว 1 เมตร ที่ทำมุมกับแนวระดับ 26 องศา ในการกลิ้งของลูกบอลตามแนวพื้นเอียงจะทำให้ลูกบอลหมุนตามเข็มนาฬิกา จากนั้นปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมาในแนวตั้งที่ระดับความสูง 3 เมตร

ข้อดีของการใช้ชุดทดลองนี้ในการจัดการเรียนการสอนคือ

- 1) มีการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่ทันสมัย
- 2) สามารถประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษาเพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการการทำงานเป็นกลุ่ม ออกแบบการทดลอง ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวนของการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุน

3) เป็นตัวอย่างของกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุนของนักฟิสิกส์แต่ละท่าน ผู้วิจัยได้ประยุกต์กิจกรรมการทดลองของโครอส ที่ใช้วัตถุหมุนทรงกระบอกที่สร้างจากแก้วกระดาษทรงกระบอกมาใช้ในการสร้างวัตถุหมุน

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง สื่อที่ผู้สอนใช้ประกอบการสอน เป็นสื่อการสอนแบบผสมผสาน ได้แก่ สื่อวีดิทัศน์ ใบความรู้ ใบกิจกรรม และสื่อสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ที่จัดทำขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามเนื้อหาของแต่ละหน่วยที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (ดวงแสง ณ นคร, 2555; บุญเกื้อ คชรเวหา, 2545; วัฒนาพร ระจิบัทกซ์, 2542; วีระ ไทยพานิช, 2555; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553)

จากความหมายของนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ไว้ ทำให้สรุปความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ว่าเป็น สื่อการเรียนการสอนสำเร็จรูปที่จัดทำขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามเนื้อหาสาระของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการแสวงหาความรู้

และประสบการณ์ด้วยตนเอง ตามเอกสารประกอบการเรียนรู้ ใบงาน แบบฝึกหัด รวมไปถึงวิดีโอ และสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

3.2 ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

นักวิชาการได้จำแนกประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545; วิชัย วงศ์ใหญ่, 2523) ซึ่งมีความเห็นสอดคล้องกันว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่

1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบคำบรรยาย เป็นชุดประกอบการสอนสำหรับผู้สอนที่ใช้กับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มใหญ่ หรือเป็นการสอนที่ต้องการปูพื้นฐานและขยายเนื้อหาสาระให้ส่วนใหญ่เรียนรู้และเข้าใจในเวลาเดียวกัน ซึ่งมีประโยชน์ช่วยเตรียมความพร้อมให้กับผู้สอนด้วยสื่อที่พร้อมและหลากหลาย เช่น รูปภาพ แผนภูมิ สไลด์ อีกทั้งลดบทบาทของผู้สอนในการพูดให้น้อยลง อาจเรียกชุดการสอนประเภทนี้ว่า ชุดการสอนสำหรับครู

2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สอนแบบกลุ่มกิจกรรม เพื่อการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนกลุ่มเล็กประมาณ 5-7 คน โดยมีสื่อการสอนต่าง ๆ บรรจุอยู่ มุ่งฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนและส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันของผู้เรียน มักใช้กลุ่มย่อย

3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สอนแบบรายบุคคล มุ่งให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียนเพิ่มเติมและสามารถประเมินผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ยุพิน พิพิธกุล และอรพรรณ ตันบรรจง (ยุพิน พิพิธกุล & อรพรรณ ตันบรรจง, 2531) ได้แบ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้เป็นคู่มือประกอบการสอนซึ่งใช้สอนนักเรียนเป็นกลุ่มใหญ่หรือนักเรียนทั้งชั้น ประกอบด้วย คู่มือครูและสื่อการเรียนการสอน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประเภทนี้มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมได้บ้างขึ้นอยู่กับเทคนิคและวิธีการสอนของครู

2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เพื่อการเรียนการสอนตามเอกัตภาพ หรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายบุคคล เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง

3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อการเรียนการสอนที่ใช้กับศูนย์การเรียนรู้ เป็นชุดที่ให้นักเรียนแต่ละคนได้เลือกเรียนอย่างอิสระ โดยเวียนศึกษาไปตามศูนย์การเรียนรู้ต่าง ๆ จนครบ

4) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เพื่อการเรียนการสอนแบบผสมที่จัดกิจกรรมไว้อย่างน้อยเพื่อให้ครูเลือกใช้ตามความเหมาะสม

จากการจัดประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักการศึกษาพบว่า สามารถสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มี 3 แบบ ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอน ซึ่งใช้สำหรับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ โดยใช้ประกอบการบรรยายเพื่อปูพื้นฐานแก่ผู้ใช้ชุดการสอนทั้งหมดให้อยู่ในระดับเดียวกัน 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกิจกรรมกลุ่ม ที่จัดให้ใช้ประมาณ 5-7 คน ได้ศึกษาร่วมกัน โดยสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองตามเอกสารประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบรายบุคคล ที่เน้นการศึกษาได้ด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของการใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมที่ปฏิบัติเป็นกลุ่มถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520) ได้จำแนกองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ 4 ส่วน คือ

- 1) คู่มือครูสำหรับผู้ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นคู่มือสำหรับผู้ที่ต้องการเรียนจากชุดกิจกรรมนั้น ๆ
- 2) เนื้อหาสาระและสื่อ จัดให้อยู่ในรูปของสื่อการเรียนแบบประสมและกิจกรรมการเรียนการสอนแบบกลุ่มและรายบุคคลตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 3) คำสั่งหรือการมอบหมายงาน
- 4) การประเมินผล เป็นการประเมินผลกระบวนการ ได้แก่ แบบฝึกหัดรายงานการค้นคว้าและผลการเรียนรู้ในรูปแบบสอบถามต่างๆ ส่วนประกอบทั้งหมดจะอยู่ในกล่องหรือซองโดยจัดเป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกในการใช้

บุญชม ศรีสะอาด (บุญชม ศรีสะอาด, 2537) ได้กล่าวว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

- 1) คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ชุดกิจกรรมได้ศึกษาและปฏิบัติเพื่อให้บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบไปด้วยแผนการสอน บทบาทของผู้ร่วมกิจกรรม การจัดการชั้นเรียน
- 2) บัตรงาน เป็นบัตรที่มีคำสั่งว่าจะให้ผู้เรียนปฏิบัติอย่างไร อะไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการเรียน

3) แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับตรวจว่า หลังจากเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4) สื่อการเรียนต่างๆ เป็นสื่อสำหรับผู้เรียนได้ศึกษา มีหลายชนิดประกอบกัน อาจเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น บทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง บทเรียนโปรแกรมหรือประเภทโสตทัศนูปกรณ์ เป็นต้น

บุญเกื้อ ควรเวหา (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545) ได้จำแนกประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

1) คู่มือครู เป็นคู่มือในการสอนของผู้สอนซึ่งประกอบไปด้วยแผนการสอนตามแต่ละชนิดของชุดการสอน ภายในคู่มือจะมีการชี้แจงรายละเอียดของการใช้ชุดการสอนอย่างละเอียด อาจจัดทำเป็นแผ่นพับหรือรูปเล่ม

2) บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ เป็นบัตรที่บอกให้ผู้เรียนประกอบการเรียนหรือปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะบรรจุอยู่ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มและรายบุคคล ประกอบไปด้วย คำอธิบายเรื่องที่จะศึกษา วิธีการดำเนินกิจกรรม และการสรุปบทเรียน

3) เนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีเนื้อหาของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของสื่อหลากหลาย อาทิเช่น บทเรียนออนไลน์ สไลด์ แบบจำลอง

4) แบบประเมินผล ซึ่งอาจจะเป็นแบบฝึกหัดที่ผู้เรียนสามารถทำการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงได้ทั้งก่อนและหลังเรียน

จากการศึกษาเอกสารและตำราของนักการศึกษาต่าง ๆ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520; บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545; บุญชม ศรีสะอาด, 2537; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553) เกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของชุดกิจกรรมการ พบว่าองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีบางองค์ประกอบที่เหมือนกันและบางองค์ประกอบมีความแตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาองค์ประกอบของนักการศึกษาต่าง ๆ มาเปรียบเทียบองค์ประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ตาราง 1 องค์ประกอบที่สำคัญของชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากนักการศึกษา

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักการศึกษา			สรุปตาม แนวคิดผู้วิจัย
	ชัยยงค์	บุญชม	บุญเกื้อ	
	พรหมวงศ์	ศรีสะอาด	ควรเวหา	
	(2520)	(2537)	(2545)	
1	คู่มือครู	คู่มือการใช้ชุด กิจกรรมการ เรียนรู้	คู่มือครู	คู่มือครู
2	สื่อ	บัตรงาน	บัตรคำสั่ง	คู่มือการใช้ชุด กิจกรรม
3	คำสั่ง	แบบทดสอบ หลังเรียน	เอกสาร และสื่อ	กิจกรรมการ เรียนรู้
4	เครื่องมือวัดผล การเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	แบบ ประเมินผล การเรียนรู้	เครื่องมือ วัดผลการ เรียนรู้

จากตาราง 1 สรุปองค์ประกอบสำคัญของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละด้านดังนี้

- 1) คู่มือครู คือ คู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้สอนสามารถนำไปจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุผลลัพธ์ตามจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วยคำชี้แจงของครูผู้สอน แผนการสอน
- 2) คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ คู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ชุดกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ตามขั้นตอนที่บรรจุอยู่ในคู่มือ โดยระบุเป็นลำดับขั้นตอน
- 3) กิจกรรมการเรียนรู้ คือ กิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ตามเนื้อหาประกอบไปด้วยสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ บทเรียนโปรแกรม
- 4) เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ คือ แบบวัดความก้าวหน้าของผู้เรียนว่า ภายหลังจากจัดการเรียนรู้แล้วมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่กำหนดไว้หรือไม่

ตาราง 2 สรุปสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยนี้

องค์ประกอบ	องค์ประกอบของนักการศึกษา	องค์ประกอบที่ใช้ในการวิจัย
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้		
1	คู่มือครู	คู่มือครู
2	คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	เอกสารประกอบชุดกิจกรรม
3	กิจกรรมต่าง ๆ	แบบประเมินผลการเรียนรู้
4	เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้	

จากตารางที่ 2 พบว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากการศึกษาของนักการศึกษา ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) คู่มือครู 2) คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม 3) กิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

จากการสรุปและวิเคราะห์องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากนักวิชาการ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) คู่มือครู 2) เอกสารประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) แบบประเมินผลการเรียนรู้

3.4 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553) ได้ระบุขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้สอนดำเนินตามขั้นตอนในการสร้าง 6 ขั้นตอน คือ

- 1) เลือกหัวข้อ (Topic) โดยผู้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเลือกหัวข้อและประเด็นสำคัญ
- 2) เขียนจุดประสงค์เพื่อให้ทั้งผู้เรียนและผู้สอนทราบจุดประสงค์ว่าเมื่อศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วผู้เรียนจะต้องมีความสามารถอย่างไร
- 3) สร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดพินความรู้ แบบทดสอบย่อย เพื่อวัดความรู้หลังจากที่เรียนจบในแต่ละเนื้อหาย่อย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากการศึกษาด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้จบแล้ว
- 4) จัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรการปฏิบัติ บัตรเนื้อหา บัตรแบบฝึกหัดและบัตรเฉลยแบบฝึกหัด รวมไปถึงบัตรทดสอบและบัตรเฉลยแบบทดสอบ

5) วางแผนจัดกิจกรรมตามที่ระบุที่เน้นบทบาทของผู้ปฏิบัติในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน

6) การรวบรวมและจัดทำสื่อการเรียนการสอน โดยผู้สอนอาจนำสื่อการเรียนการสอนมาปรับปรุงใหม่หรือดัดแปลงเพื่อความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ในการสอน

จากขั้นตอนในการสร้างที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องมีการวางแผนในเรื่องที่จะสอนออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ กำหนดเนื้อหาที่จะสอนและจุดประสงค์ว่าเมื่อผู้เรียนได้ทำการเรียนรู้เสร็จแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างไร สื่อการเรียนการสอน พร้อมทั้งมีการประเมินทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังต้องมีการทดลองใช้ก่อนการนำไปใช้สอนจริง

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้

น้ำฝน คุเจริญไพศาล (น้ำฝน คุเจริญไพศาล, กนกวรรณ ผิวเหมาะ, บุษพร โนนเปือย, & ประญา เหลืองแดง, 2559) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยเน้นกระบวนการคิดเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนเมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง สารละลายกรด-เบส ผลการศึกษาวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายกรด-เบส อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

คณาภรณ์ รัชมีมารีย์ (คณาภรณ์ รัชมีมารีย์, 2559) ศึกษาชุดปฏิบัติการเรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการและประสิทธิผลทางการเรียนหลังใช้ 4 ชุด โดยการสุ่มนักเรียนตัวอย่างจำนวน 34 คน เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์พื้นฐานเรื่องสารและคุณสมบัติของสารพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว พบว่า ชุดกิจกรรมที่นักวิจัยได้พัฒนาขึ้นมีส่วนช่วยให้ประสิทธิผลทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น

3.6 ความหมายของประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยสรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานหรือความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายค้ำค่าที่สุด ซึ่งกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้ากระบวนการและผลลัพธ์

3.7 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.7.1 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ ดังนี้

สุนันทา สุนทรประเสริฐ (สุนันทา สุนทรประเสริฐ, 2533) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพโดยสรุปได้ดังนี้

เกณฑ์ประสิทธิภาพ (Criterion) หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้วชุดการสอนนั้นก็จะมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและค้ำค่าที่จะลงทุนผลิตออกมาจำนวนมาก

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพโดยสรุปได้ดังนี้

เกณฑ์ประสิทธิภาพ (Criterion) หมายถึง เกณฑ์ที่เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพหรือปริมาณที่จะรับได้

จากความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพของนักการศึกษาสามารถสรุปความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพได้ว่า หมายถึง ค่าประสิทธิภาพที่เป็นเกณฑ์กำหนดว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพหรือปริมาณที่ยอมรับได้และเป็นระดับที่ผู้กำหนดเกณฑ์พึงพอใจ

3.7.2 เกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถกำหนดโดยผู้วิจัย (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520; สุนันทา สุนทรประเสริฐ, 2533) สรุปได้ดังนี้

โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Efficiency of Product)

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า กระบวนการ ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรม

กลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการหรือการทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายบุคคล ได้แก่งานที่ได้รับมอบหมายจากผู้สอน

2) ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียน โดยพิจารณาการ/รสอบหลังเรียนหรือการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ในงานวิจัยนี้เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมที่ได้พัฒนาขึ้นกำหนดโดยผู้วิจัย โดยมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

4.เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์

คือ ศักยภาพของบุคคลที่ได้รับการทดสอบความรู้ ทักษะ และประสิทธิภาพทางสมองในด้านต่าง ๆ ภายหลังการเรียนในเนื้อหาสาระเรื่องนั้น ๆ แล้ว มีความรู้มากขึ้นน้อยเพียงใดและมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ของวิชานั้นมากหรือน้อย (โชติกา ภาชีผล, 2559)

4.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

อารยา ปรีชาพานิช (อารยา ปรีชาพานิช, 2555) ได้ให้ความหมายว่า เป็นข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมทางสมองของบุคคลใด ๆ ว่ามีความสามารถในเรื่องที่มีประสบการณ์หรือฝึกฝนมาก่อนแล้วมากน้อยเพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสี (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ได้ให้ความหมายว่า เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของบุคคลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนได้ทราบว่าบุคคลใดเกิดการพัฒนาความรู้ ความสามารถถึงระดับมาตรฐานที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ หรือบอกว่าบุคคลนั้นมีความรู้ความสามารถอยู่ในระดับใดเมื่อเปรียบเทียบกับผู้เรียนด้วยกัน

รัชนีกุล ภิญญานุกวัฒน์ (รัชนีกุล ภิญญานุกวัฒน์, 2554) ได้ให้ความหมายว่า เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้วัดปริมาณความรู้เกี่ยวกับด้านวิชาการที่ได้รับมาในอดีตว่ารับรู้ได้มากน้อยเพียงใด โดยทั่วไปมักใช้วัดหลังจากผ่านการปฏิบัติหรือผ่านประสบการณ์นั้นเรียบร้อยแล้ว

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2557b) ได้ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถอันเนื่องมาจากการฝึกประสบการณ์หรือการปฏิบัติมาก่อนว่ามีผลเป็นไปตามกำหนดไว้เพียงใด

จากความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พอสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ หมายถึง เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินความรู้ความสามารถของบุคคลใด ๆ หลังจากการผ่านการฝึกปฏิบัติหรือประสบการณ์ทางการเรียนรู้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมหลังการฝึกประสบการณ์เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

4.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (โชติกา, 2554, 31-41; พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2557a, 97) ดังนี้

- 1) สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด
- 2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ออกเป็นพฤติกรรมที่ผู้สอนมุ่งหวังที่จะให้เกิด โดยวิเคราะห์จากผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- 3) กำหนดชนิดข้อสอบที่ต้องการจะใช้วัดโดยเลือกชนิดข้อสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับระดับผู้สอบ
- 4) สร้างข้อสอบรายข้อ
- 5) ตรวจสอบข้อสอบให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน
- 6) จัดพิมพ์แบบทดสอบทั้งฉบับแล้วตรวจสอบความถูกต้อง
- 7) ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบก่อนการนำไปใช้จริง
- 8) จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพของข้อสอบ

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาต่าง ๆ ผู้วิจัยได้สรุปหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

- 1) วิเคราะห์หลักสูตรและพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้ทำแบบทดสอบ
- 2) กำหนดพฤติกรรมรายด้านที่มุ่งหวังให้เกิดแก่ผู้สอบ
- 3) เลือกรูปแบบของแบบทดสอบ
- 4) เขียนข้อสอบตามจุดประสงค์และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด จากนั้นร่างข้อสอบ

5) ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อความเชื่อมั่นในคุณภาพโดยทำการวิเคราะห์แบบทดสอบทางกายภาพว่ามีความเข้าใจในคำสั่ง คำถาม ข้อคำตอบหรือไม่

6) นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพไปใช้

4.4 แนวทางการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์

บลูม (Bloom Revised Taxonomy) (Krathwohl & Anderson, 2009) ได้เสนอแนวทางวัดประเมินผลผู้เรียนตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ตามพฤติกรรมของผู้เรียน 3 ด้าน รวม 20 ข้อดังนี้

2.1) เข้าใจ (Understanding) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถตีความและการขยายความเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุน้ำหนักและน้ำหนัก มี 7 ข้อ

2.2) นำไปใช้ (Applying) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถในการนำความรู้ หลักการแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุน้ำหนักและน้ำหนักไปใช้ในเหตุการณ์อื่นได้ มี 5 ข้อ

2.3) วิเคราะห์ (Analysing) ที่ผู้ทำแบบทดสอบสามารถแยกแยะองค์ความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุน้ำหนักและน้ำหนักได้ออกเป็นส่วน ๆ และสามารถหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงหลักการได้ มี 8 ข้อ

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์

นาคยา ช่วยชูเชิด (นาคยา ช่วยชูเชิด, 2557) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนจากชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แล้วทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน เมื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนเท่ากับ 23.21 และเมื่อนักเรียนได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.81 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียน

จันจิรา จุลรังสี และเฉลิมพร ทองพูน (จันจิรา จุลรังสี & เฉลิมพร ทองพูน, 2558) ได้รับการพัฒนาชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมล ด้วยวิธีการสอนแบบ SSCS โดยทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนวิชาเคมีเรื่อง โมล จากนั้นจัดปฏิบัติการตามขั้นตอนกิจกรรมตามรูปแบบ SSCS ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้สูงขึ้นหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อตอบสนองต่อการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน

5. ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์

การสื่อสารวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการพูดหรือเขียน ผ่านกระบวนการใช้สื่อหรือสิ่งแทนความหมายทำให้ผู้รับสารสามารถมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (Burns, O'Connor, & Stockmayer, 2003; Treise & Weigold, 2002)

5.2 การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์

กุลเมเยอร์และเช็คเกอร์ (Kulgemeyer & Schecker, 2013) ได้ประเมินการพูดของนักเรียนด้วยเกณฑ์ 4 รายการ ดังนี้

- 1) เนื้อหา (content) เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่ผู้สื่อสารเลือกใช้
- 2) บริบท (context) การเชื่อมโยงเนื้อหาข้อเท็จจริงกับตัวอย่างจริง
- 3) รหัส (code) ภาษาที่ผู้สื่อสารเลือกใช้ ได้แก่ ภาษาเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ และภาษาที่ใช้ทั่วไป
- 4) รูปแบบของสื่อแทนความ (Representation form) สิ่งที่ใช้ประกอบการนำเสนอ เช่น ภาพประกอบ กราฟ แผนภูมิ

จากการศึกษาแนวทางการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ของนักวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์องค์ประกอบทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ดังตาราง 3

ตาราง 3 การสังเคราะห์องค์ประกอบในการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอ
ด้วยวาจาตามแนวคิดของผู้วิจัย

แนวทางการประเมินของนักวิจัย	แนวทางการประเมินในการวิจัยนี้
1. เนื้อหา	1. เนื้อหา
2. บริบท	2. สื่อแทนความ
3. รหัส	3. การแสดงตัวอย่าง
4. รูปแบบของสื่อแทนความ	4. ภาษา

จากตาราง 3 แสดงองค์ประกอบในการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) เนื้อหา (Content) 2) สื่อแทนความ (Media) 3) การแสดงตัวอย่าง (Illustration) 4) ด้านภาษา (Presentation) ซึ่งมีหัวข้อย่อยในแต่ละองค์ประกอบรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 รายละเอียดขององค์ประกอบแต่ละด้านในการประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย
1. เนื้อหา	1) ความถูกต้องของเนื้อหาและครบถ้วนของประเด็นเนื้อหา 2) การลำดับเนื้อหา
2. สื่อแทนความ	1) วิธีทัศน์การทดลอง กราฟ แผนภาพ
3. การแสดงตัวอย่าง	1) การยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ประกอบ
4. ภาษา	1) ความน่าสนใจในการพูดนำเสนอ 2) การเลือกใช้ภาษา

จากตาราง 4 แสดงองค์ประกอบในการประเมิน เพื่อสร้างแบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา จำนวน 8 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ด้าน คือ 1) เนื้อหา 2) สื่อแทนความ 3) การแสดงตัวอย่าง และ 4) ภาษา โดยแต่ละด้านมีรายการประเมินด้านละ 2 ข้อ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ดำเนินการใช้ในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเครื่องมือวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเครื่องมือวิจัย

ขั้นตอนของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 ส่วน โดย ส่วนที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุหมุนและไม่หมุน และส่วนที่ 2 การออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละส่วนมีการดำเนินการดังนี้

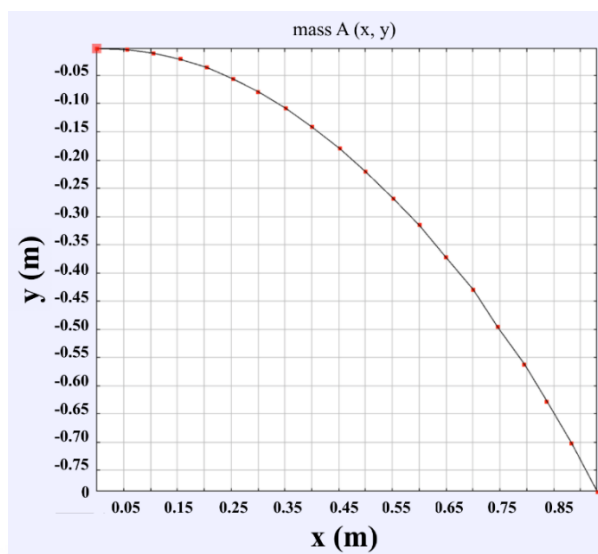
ส่วนที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุหมุนและไม่หมุน

1. กรณีวัตถุไม่หมุน

1.1 ศึกษาการเคลื่อนที่ของเหรียญสองเหรียญ โดยที่เหรียญที่หนึ่งปล่อยให้ตกอย่างอิสระในแนวตั้ง ส่วนอีกเหรียญยิงออกไปในแนวระดับ เมื่อเหรียญทั้งสองเริ่มเคลื่อนที่เวลาเดียวกัน ณ ความสูงเท่ากัน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแนวทางการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง

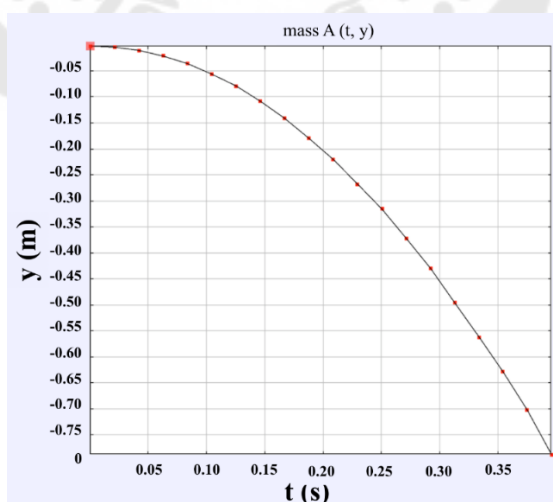
1.2 ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง โดยใช้สมาร์ตโฟนในการบันทึกภาพเคลื่อนไหวโหมดถ่ายภาพช้าที่ความถี่ 240 เฟรม/วินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมแทร็กเกอร์

1.3 ทำการ Tracking แนวทางการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง โดยเลือกทำการ Tracking ผลการทดลองแนวทางการเคลื่อนที่ของเหรียญที่ปล่อยออกไปในแนวระดับมีแนวทางการเคลื่อนที่เป็นรูปโค้งพาราโบลาดังภาพประกอบ 10

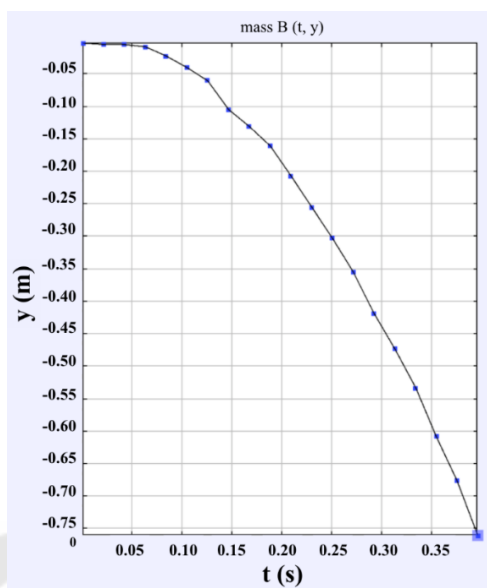


ภาพประกอบ 10 แนวการเคลื่อนที่ของเหรียญที่ปิดให้เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับ

1.4 จากการ Tracking การเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง ทำการแสดงผลของการ Tracking ของเหรียญทั้งสองเป็นกราฟการกระจัดในแนวดิ่ง (แกน y) และเวลา (แกน x) พบว่าเหรียญทั้งสองมีกราฟการกระจัดในแนวดิ่งเป็นรูปโค้งพาราโบลาเหมือนกันและจากกราฟพบว่าเหรียญทั้งสองตกถึงพื้นพร้อมกัน ดังภาพประกอบ 11 และ 12



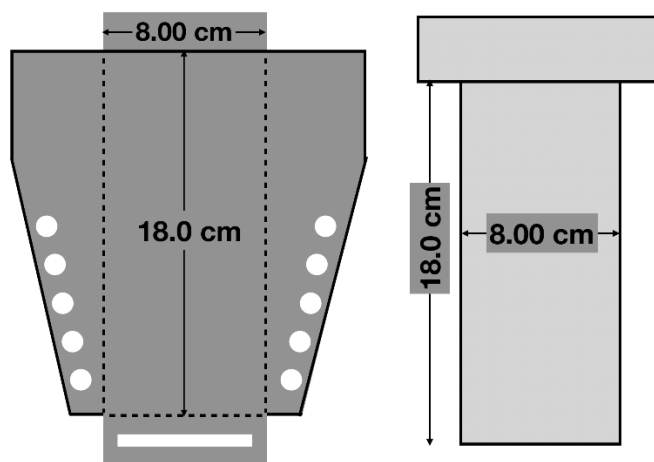
ภาพประกอบ 11 กราฟการกระจัดในแนวดิ่งกับเวลาของเหรียญที่ปิดออกไปในแนวระดับ



ภาพประกอบ 12 กราฟการกระจัดในแนวดิ่งกับเวลาของเหรียญที่ปล่อยให้ตกอย่างอิสระในแนวดิ่ง

จากการศึกษาการตกของเหรียญสามารถนำมาออกแบบเป็นกิจกรรมการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุนได้ โดยประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับการใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์ เพื่อใช้วิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ

1.4 ทำการออกแบบฐานปืนใหญ่จากพลาสติกลูกฟูก ใช้เป็นฐานยิงวัตถุทรงกลมออกไปทำมุมค่าต่างๆ กับแนวระดับ มีความยาว 18 เซนติเมตร กว้าง 8.0 เซนติเมตร ด้านข้างเจาะรูเพื่อใช้ในการร้อยยางพลาสติกเพื่อทำหน้าที่ยิงวัตถุทรงกลมหรือลูกปืน ฐานรองปืนใหญ่ที่สามารถปรับระดับและมุมที่ค่าต่าง ๆ ถูกสร้างให้มีลักษณะดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 การออกแบบฐานปืนใหญ่ โดยผู้วิจัย ประกอบด้วย องค์ประกอบปืนใหญ่ (ซ้าย)
และฐานรองซึ่งปรับระดับได้ (ขวา)

1.5 วัตถุทรงกลมที่ใช้เป็นลูกปืนใช้ลูกปิงปองเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 เซนติเมตร

1.6 ร้อยหนังยางพลาสติกเพื่อทำการทดลองวัดระยะที่ลูกปิงปองสามารถเคลื่อนที่ออกไปได้ พบว่า จำนวนหนังยางพลาสติกมีผลต่อระยะในแนวราบของการเคลื่อนที่ออกไปในอากาศของลูกปิงปอง ฐานปืนใหญ่ที่ออกแบบเรียบร้อยดังภาพประกอบ 14



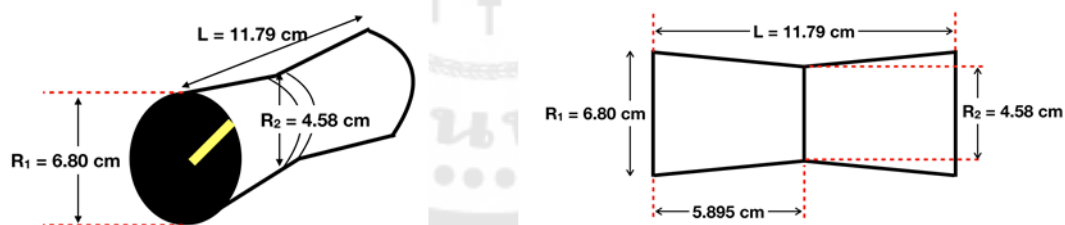
ภาพประกอบ 14 องค์ประกอบของปืนใหญ่ ได้แก่ ฐานปืนใหญ่และฐานรองปรับระดับได้ หนังยางพลาสติกที่ใช้เป็นตัวส่งลูกปืนใหญ่และลูกปิงปองทรงกลม

1.7 ทำการทดลองยิงลูกปิงปองออกไปในแนวระดับ เพื่อทดสอบการยิงไกลของวัตถุออกไปในแนวทำมุมค่าต่าง ๆ โดยการปรับฐานของปืนใหญ่ จากนั้นทำการวัดระยะในแนวระดับของลูกปิงปอง

จากการออกแบบฐานปืนใหญ่ที่ใช้ยิงวัตถุออกไปทำมุมค่าต่าง ๆ ของวัตถุทรงกลม สามารถออกแบบเป็นกิจกรรมที่ 2 เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์กรณีวัตถุมีความเร็วต้นทำมุมค่าต่าง ๆ กับแนวระดับได้ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สร้างฐานปืนใหญ่สำเร็จรูปที่ใช้ในปฏิบัติการฟิสิกส์ในห้องเรียน

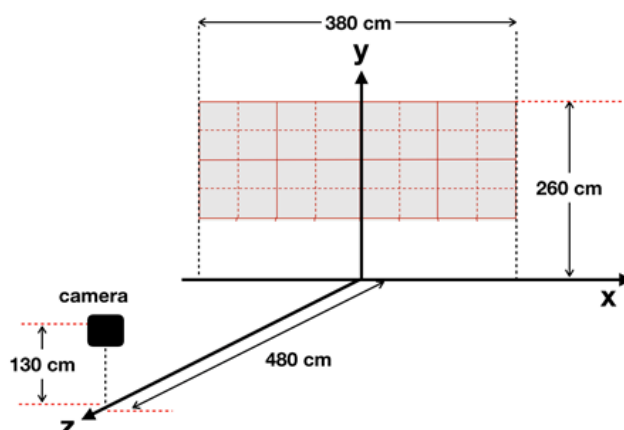
2. กรณีวัตถุหมุน

2.1 สร้างวัตถุหมุนทรงกระบอกจากแก้วกระดาษ 2 ใบ ปิดฝาแก้วด้วยกระดาษสีดำและติดเทปเรืองแสงที่แนวรัศมีของปากกระบอกแก้วเพื่อใช้ในการ Tracking จากนั้นนำแก้วกระดาษ 2 ใบ เชื่อมติดกันด้วยเทปกาวใสได้รูปที่มีลักษณะคล้ายกับทรงกระบอก ซึ่งมีมวลสุทธิของแก้ว 5.329 กรัม ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณปากแก้ว (R_1) เท่ากับ 6.80 เซนติเมตร ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณก้นแก้วทั้งสอง (R_2) เท่ากับ 4.58 เซนติเมตร ความยาวสุทธิของแก้ว 11.79 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 องค์ประกอบของแก้วกระดาษทรงกระบอก

2.2 วัดระยะกระจัดจากบันทึกภาพแนวการเคลื่อนที่ โดยที่การกระจัดในแนวดิ่งและแนวระดับใช้กำแพงในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ที่ความสูง 260 เซนติเมตร กว้าง 380 เซนติเมตร วัดระยะจากกำแพงถึงตำแหน่งที่วางกล้องที่ระยะ 480 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 การกระจัดในแนวตั้งและแนวระดับของฉากหลังใช้ในการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนและระยะห่างในการติดตั้งกล้อง

2.4 ใช้ยางหนังสติ๊กแบนพันรอบแก้วจำนวน 1 รอบ เพื่อให้วัตถุหมุนเมื่อโยกออกไปในแนวระดับดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แก้วกระดาษทรงกระบอกที่พันรอบด้วยยางจำนวน 1 รอบ

2.5 ทำการทดลองยิงแก้วกระดาษออกไปในแนวระดับ โดยกำหนดตัวแปรควบคุมในการทดลองดังนี้

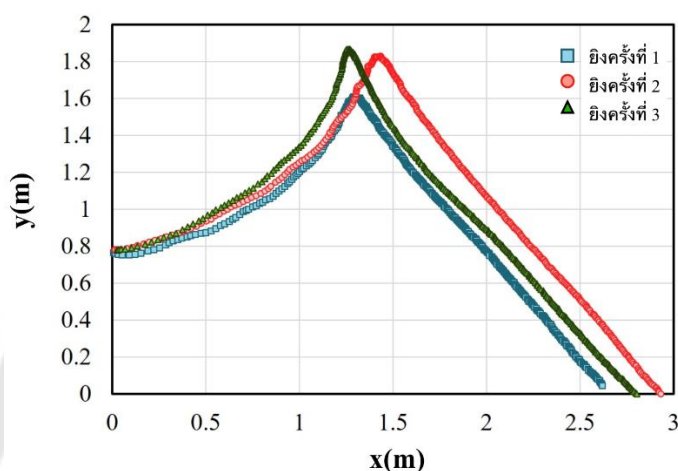
- ใช้ยางขนาดเท่าเดิมพันรอบแก้วจำนวน 1 รอบ
- ยึดปลายยางด้านอิสระเป็นระยะ 30 เซนติเมตร
- ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แสดงผลการทดลองในเส้นกราฟ สีดำคือการทดลองครั้งที่ 1 เส้นกราฟสีน้ำเงินคือการทดลองครั้งที่ 2 และเส้นกราฟสีแดงคือการทดลองครั้งที่ 3

- บันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยสมาร์ทโฟนโหมดถ่ายภาพช้า 240 เฟรมวินาที

- วิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Tracker

ผลการทดลองยิงแก้วกระดาศออกไปในแนวระดับที่มุม 0 องศา ดังภาพประกอบ

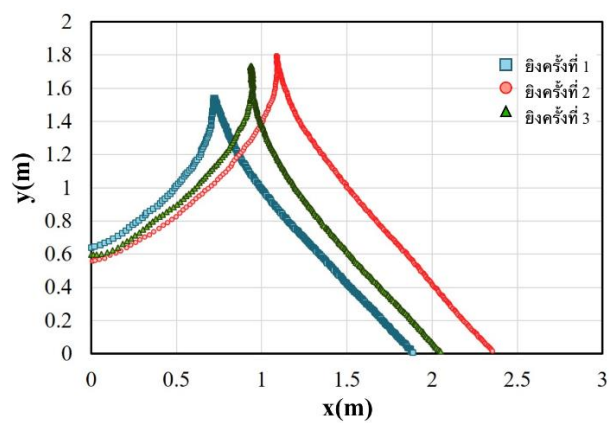
18



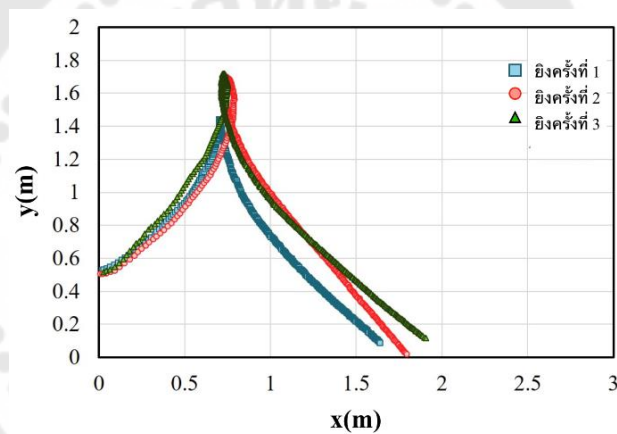
ภาพประกอบ 18 แสดงแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุน ยิงออกไปทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ

จากภาพประกอบ 18 พบว่าเมื่อทำการปล่อยวัตถุหมุนทรงกระบอกออกไปในแนวระดับที่มุม 0 องศา วัตถุหมุนทรงกระบอกมีแนวทางการเคลื่อนที่แตกต่างจากแนวทางการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาทั่วไป โดยแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรกวัตถุเกิดความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของน้ำหนัก ช่วงที่สองวัตถุเคลื่อนที่ไปยังจุดสูงสุดด้วยความเร่งที่ลดลง และช่วงสุดท้ายวัตถุเคลื่อนที่ในแนวโค้งที่

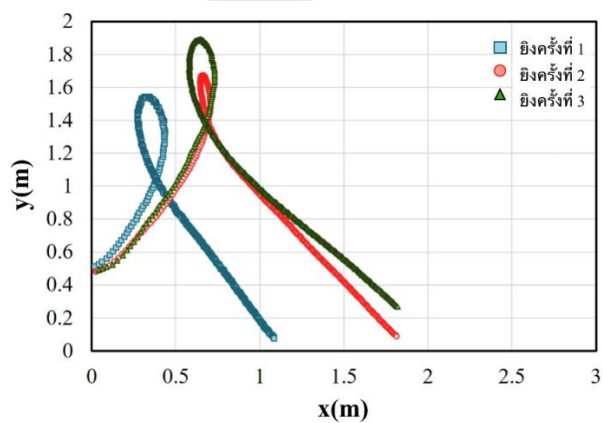
2.6 ทำการเปลี่ยนมุมในการยิงวัตถุเป็น 15 องศา, 30 องศา, 45 องศา และ 60 องศา กับแนวระดับตามลำดับ ผลการทดลองเปลี่ยนมุมค่าต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 19 20 21 และ 22 ตามลำดับ



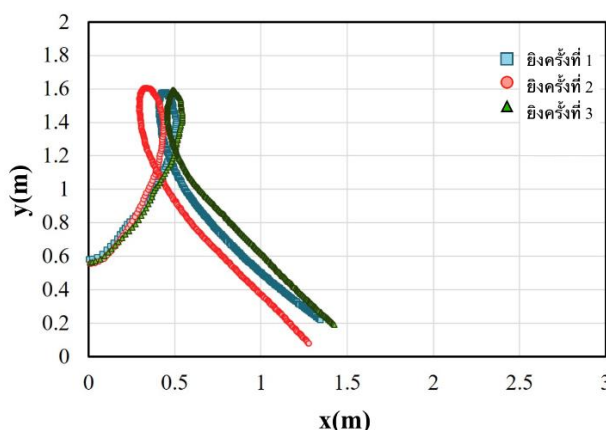
ภาพประกอบ 19 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 15 องศา กับแนวระดับ



ภาพประกอบ 20 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 30 องศา



ภาพประกอบ 21 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 45 องศา



ภาพประกอบ 22 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนยิงออกไปทำมุม 60 องศา

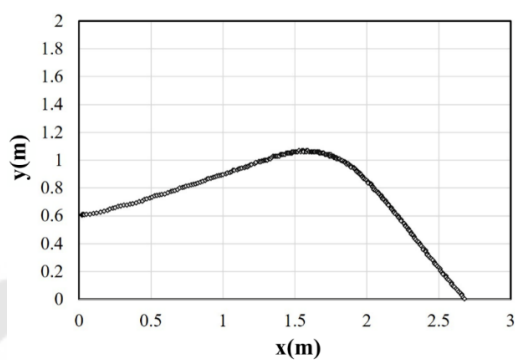
จากภาพประกอบ 19 และ 20 เมื่อทำการยิงแก้วกระดาษทรงกระบอกออกไปทำมุม 0 องศาและ 15 องศา ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบแนวการเคลื่อนที่ของมุมทั้งสองพบว่าการเคลื่อนที่ช่วงที่มีลักษณะเป็นยอดแหลมคล้ายหนาม เรียกว่า วิธีการเคลื่อนที่รูปหนาม (Spike shape trajectory) และเมื่อทำการปรับมุมในการยิงวัตถุเป็น 45 และ 60 องศา กับแนวระดับตามลำดับพบว่าแนวการเคลื่อนที่ช่วงที่สองมีลักษณะวกกลับคล้ายโบว์เรียกว่า วิธีการเคลื่อนที่รูปโบว์ (Bow shape trajectory) ดังภาพประกอบ 21 และ 22 ตามลำดับ

จากภาพประกอบ 21 พบว่าวิธีการเคลื่อนที่รูปโบว์ของการทดลอง 3 ครั้ง มีจุดยอดอยู่คนละตำแหน่งแต่ยังคงรูปโบว์คล้ายกันอันเนื่องมาจาก ในการทดลองยิงที่มุม 45 องศา นั้นค่อนข้างจะทำการทดลองได้ยากจึงทำให้วิถีโค้งรูปโบว์อยู่คนละตำแหน่ง

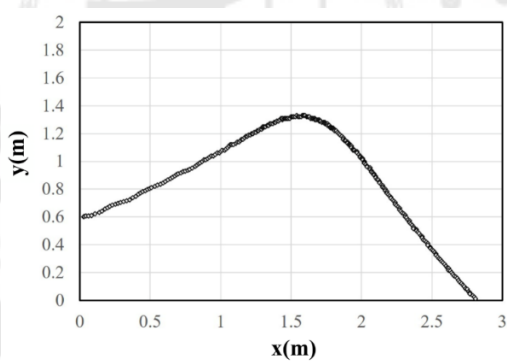
2.7 ทำการเพิ่มมวลของแก้วกระดาษทรงกระบอกโดยเพิ่มมวลของวัตถุเป็นสองเท่าคือ 11.38 กรัม โดยกำหนดตัวแปรควบคุมในการทดลองดังนี้

- ใช้นั่งยางพันรอบแก้วจำนวน 1 รอบ
- ยึดปลายนั่งยางด้านอิสระเป็นระยะ 30 เซนติเมตร
- บันทึกภาพเคลื่อนที่ด้วยสมาร์ทโฟนโหมดถ่ายภาพช้า 240 เฟรมวินาที
- วิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Tracker

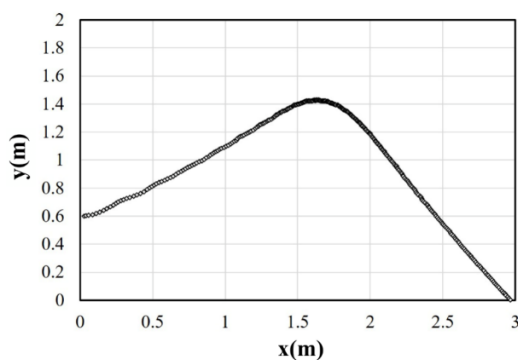
ทำการทดลองยิงแก้วออกไปในแนวระดับโดยทำมุม 0 องศา 15 องศา 30 องศา 45 องศา และ 60 องศา ผลการทดลอง ผลการทดลองดังภาพประกอบ 23 24 25 26 และ 27 ตามลำดับ



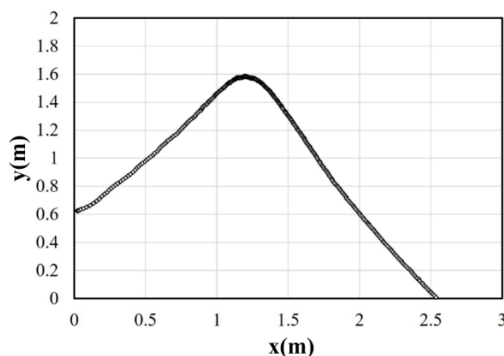
ภาพประกอบ 23 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 0 องศา



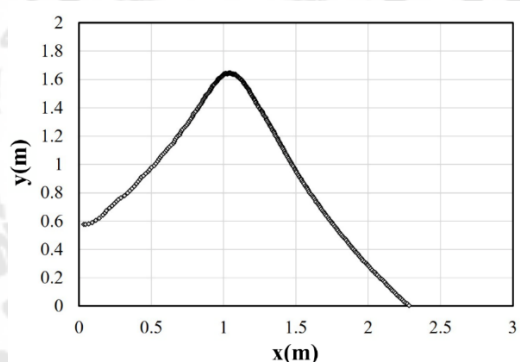
ภาพประกอบ 24 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 15 องศา



ภาพประกอบ 25 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 30 องศา



ภาพประกอบ 26 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็น 2 เท่าทำมุม 45 องศา



ภาพประกอบ 27 แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกหมุนที่มวลเป็นสองเท่าทำมุม 60 องศา

จากการวิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของแก้วกระดาศทรงกระบอกที่มุม 0 องศา 15 องศา 30 องศา และ 60 องศา พบว่าวัตถุจะลอยขึ้นสู่อากาศจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดก่อนจะตกลงสู่พื้น ซึ่งแนวการเคลื่อนที่ที่ไม่มีจุดวกกลับแต่มีรูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ เรียกว่า วิธีการเคลื่อนที่รูประฆังคว่ำ (Bell shape trajectory)

จากการศึกษาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกระบอกพบว่าแก้วกระดาศมวลเบาเหมาะสมในการออกแบบเป็นวัตถุหมุนที่มีลักษณะคล้ายทรงกระบอก ผู้วิจัยจึงสร้างวัตถุหมุนจากแก้วกระดาศมวลเบา ความยาวสุทธิ 12 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุน

ส่วนที่ 2 การออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ในส่วนนี้เป็นการนำผลจากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุหมุนและไม่หมุนในส่วนที่ 1 มาออกแบบและสร้าง จากนั้นสร้างเอกสารประกอบชุดกิจกรรมและแบบฝึกหัด รายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1. สำหรับกรณีวัตถุไม่เกิดการหมุน ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก และกิจกรรมปืนใหญ่อยู่อยุธยา

1.1 กิจกรรมที่ 1 ดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก มีจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อทดลองหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ไม่หมุนที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ

1.2 ทำการทดลองกิจกรรมที่ 2 โดยดีดเหรียญสองเหรียญที่ขอบโต๊ะออกไปในแนวระดับ เหรียญที่วางขอบโต๊ะจะเคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับและตกลงสู่พื้น ส่วนเหรียญที่วางบนไม้บรรทัดจะตกอย่างอิสระในแนวตั้ง ในระหว่างการทดลองผู้เรียนจะต้องทำการบันทึกภาพเคลื่อนที่ด้วยโหมดถ่ายภาพช้าที่ 240 เฟรม/วินาที เพื่อทำการ Tracking วิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสอง

1.3 วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟที่ได้จากการทดลองโดย ผู้เรียนสรุปแนวการเคลื่อนที่ของเหรียญที่เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับได้กราฟของการกระจัดในแนวตั้งและแนวระดับ ($y-x$) เป็นรูปโค้งพาราโบลา และผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบกราฟการกระจัดในแนวตั้งกับเวลา ($y-t$) ของเหรียญที่ตกอย่างอิสระและเหรียญที่เคลื่อนที่ออกไปในแนวระดับได้ว่า เคลื่อนที่ภายใต้ความเร่งเดียวกันคือ ความเร่งความโน้มถ่วงของโลก

1.4 กิจกรรมที่ 2 ปืนใหญ่อยู่อยุธยา มีจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปประยุกต์ใช้

1.5 ผู้เรียนแต่ละกลุ่มใช้ชุดกิจกรรมปืนใหญ่อยู่อยุธยาที่ได้ออกแบบและสร้างมาประยุกต์ใช้ดังนี้

“ในปีพุทธศักราช 2127 หลังจากที่สมเด็จพระนเรศวรทรงประกาศอิสรภาพได้ 7 เดือน พระเจ้าหงสาวดีนันทบุเรงได้สั่งให้พระยาพลิมคุมทหารหงสาวดี 30,000 นาย ยกทัพเข้ามาตีกรุงศรีอยุธยาผ่านทางด่านเจดีย์สามองค์

เมื่อกองทัพหงสาวดียกมาถึงเมืองกาญจนบุรี สมเด็จพระนเรศวรจึงให้พระยาจักรีศรีอครักษ์ยกทัพเรือพร้อมด้วยปืนใหญ่ไปตั้งทัพดักรอข้าศึกที่เมืองสุพรรณบุรี โดยพระยาจักรีได้ตั้งกองทัพเรืออยู่ห่างจากกองทัพหงสาวดีเป็นระยะ 5 เมตร จากนั้นได้ระดมยิงปืนใหญ่ใส่ข้าศึกทั้ง

วันทั้งคืน แต่เนื่องจากปืนใหญ่ที่พระยาจักรีมีความแม่นยำไม่เพียงพอ จึงทำให้ยิงไม่โดนกองทัพของข้าศึกเลย พระยาจักรีจึงได้สั่งให้จัดหาปืนใหญ่ใหม่โดยที่ปืนใหญ่ที่หามาได้จะต้องยิงได้อย่างแม่นยำโดยข้าศึกที่ระยะ 5 เมตร และสามารถยิงได้ไกลที่สุด”

1.1.6 ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มทำการระดมสมองเพื่อระบุปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ ออกแบบและทดลองปืนใหญ่ที่สามารถแก้ไขปัญหาก็ได้

1.2 สำหรับวัตถุประสงค์การหมุ่น ประกอบด้วย 1 กิจกรรม คือ ชูแก้วขึ้นแล้วหมุ่น ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหมุ่น ๆ มีจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อศึกษาแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุ่นทรงกระบอกเมื่อเคลื่อนที่ไปในอากาศ

1.2.2 ทำการทดลองในกิจกรรมที่ 3 ระดมสมองตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร จากนั้นทำการทดลองตามสมมติฐานที่แต่ละกลุ่มได้ระบุ

1.2.3 ในการทำการทดลองแต่ละกลุ่มทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของแก้วกระดาดด้วยโหมดถ่ายภาพช้าความเร็ว 240 เฟรมวินาที เพื่อวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุ่นและไม่หมุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 3 กิจกรรม ได้แก่ 1) กิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก 2) กิจกรรมปืนใหญ่อยุธยา และ 3) กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุ่น ๆ

ขั้นสร้างแผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ผู้วิจัยจัดทำแผนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุ่นและไม่หมุ่น จำนวน 3 แผน ดังนี้

1.1 ออกแบบกิจกรรมและลำดับขั้นตอนตามขั้นของการเรียนรู้

1.2 ศึกษา วิเคราะห์หลักสูตร รวมถึงคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังตาราง 5

ตาราง 5 สารการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ผลการเรียนรู้	สารการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	วัตถุมีการเปลี่ยนจุดในการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกันและเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำจึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\vec{v}_y = \vec{u}_y + \vec{a}_y t$ $\vec{y} = \vec{u}_y t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2ah$
3. ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งประกอบด้วยการเคลื่อนที่สองแนวแกนที่ตั้งฉากกัน ทั้งนี้ปริมาณที่ใช้ร่วมกันคือ เวลา เนื่องจากเป็นวัตถุก้อนเดียวกัน

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสารการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. หน้า 160.

1.3 ลำดับกิจกรรมตามขั้นการเรียนรู้ กำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละแผน จากนั้นทำการร่างแบบแผน ขั้นตอนและกระบวนการในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ดังตาราง 6

ตาราง 6 เนื้อหา หัวข้อการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้

เนื้อหาเรื่อง	กิจกรรม	เวลา (คาบ)
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	1. การเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวโค้ง	4
	กิจกรรมที่ 1 ดึงออกไปให้ไกลหลุดโลก	
	2. การเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวเดียวกัน	4
	กิจกรรมที่ 2 ปืนใหญ่อยุธยา	
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	3. ปฏิกิริยาการถนัดแม็กเนต	4
กรณีวัตถุเกิดการหมุน	กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ	
	รวม	12

ขั้นสร้างเอกสารประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เอกสารประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) บทปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) แบบฝึกหัดหลังเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รายละเอียดดังนี้

1. วางแผนบทปฏิบัติการฟิสิกส์ ได้แก่ คำชี้แจง จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ คำถามชวนคิดท้ายกิจกรรม โจทย์เสริมประสบการณ์และบรรณานุกรม
2. ระบุส่วนประกอบของแบบฝึกหัดหลังเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ คำนำ จุดประสงค์การเรียนรู้ คำชี้แจง แบบฝึกหัดเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่หมุน และแบบฝึกหัดเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุน และบรรณานุกรม

การตรวจสอบคุณภาพบทปฏิบัติการฟิสิกส์

1. นำบทปฏิบัติการฟิสิกส์และแบบฝึกหัดท้ายบทที่พัฒนาขึ้นนำเสนอต่อที่ อาจารย์ปรึกษาปริญญาโท แล้วนำข้อแก้ไขมาปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ขึ้น
2. ประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน ดังนี้

2.1 ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีความเหมาะสมคิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.38 ซึ่งหมายถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเหมาะสมดีมาก

2.2 ประเมินความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) จุดประสงค์ 2) เนื้อหา 3) การใช้ภาษา 4) การนำไปใช้ และ 5) การประเมินผล (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) พบว่าผ่านเกณฑ์ทุกรายการประเมิน

จากข้อเสนอแนะ พบว่า ในการใช้โปรแกรมแทรกเกอร์เป็นครั้งแรก ผู้เรียน อาจจะเกิดความสับสนได้ เพื่อให้สะดวกกับผู้ใช้งานโดยเฉพาะกับครูผู้สอนที่ต้องจัดเตรียม กิจกรรม จึงควรเพิ่มเติมในส่วนของคู่มือโปรแกรมหรือแหล่งอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ผู้ใช้จะสามารถสืบค้นได้ ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขโดยการสร้างวีดิทัศน์สอนการใช้งานเบื้องต้นก่อนการทำ กิจกรรม

3. นำบทปฏิบัติการฟิสิกส์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปศึกษานำร่อง (Try out) กับ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย รายละเอียดดังนี้

3.1 จัดให้อ่านเนื้อหาของเอกสารประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุง เนื้อหาและภาษาที่ใช้ จำนวน 5 คน

3.2 จัดให้ทำการทดลองทำปฏิบัติการทางฟิสิกส์ที่ได้ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ ตามกิจกรรมการเรียนรู้จริง โดยนักเรียน 15 คน ที่แบ่งเป็นกลุ่มย่อย ได้แก่ 1) กิจกรรมดีดออกไปให้ ไกลหลุดโลก 2) กิจกรรมปืนใหญ่อยุธยา และ 3) กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ เพื่อปรับปรุงชุด กิจกรรมให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องมือ

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัดอุณหภูมิและ ไม่หมุนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และ 2) แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ขั้นเตรียมการและสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

- 1) วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อใช้ประกอบในการสร้างแบบทดสอบ
- 2) สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวจุดประสงค์การเรียนรู้ของบลูม 3 ด้าน รายละเอียดดังตาราง 7

ตาราง 7 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์

เนื้อหา	จุดประสงค์รายด้าน			จำนวนข้อ	ร้อยละ
	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์		
1. การเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับ	3	2	2	7	35
2. การเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวเดียวกัน	2	2	3	7	35
3. ปฏิกิริยาการถ่วงน้ำหนัก	2	1	3	6	30
รวม	7	5	8	20	100

- 3) ทำการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยเป็นข้อสอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 33 ข้อ เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

- 1) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อ นำข้อปรับปรุงมาแก้ไขส่วนที่ยังบกพร่อง
- 2) นำแบบทดสอบไปประเมินเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง
- 3) นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การประเมินและนำข้อสอบไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับปรุงให้ข้อสอบสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ตั้งไว้

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปศึกษานำร่องกับนักเรียนที่มีประสบการณ์มาก่อน โรงเรียนหอวัง จำนวน 148 คน

5) โดยการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยมีข้อสอบที่ผ่าน 20 ข้อ

6) นำข้อสอบที่คัดเลือกมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

2. แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอวาจา

ขั้นสร้างแบบประเมิน

1) ทำการสร้างแบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา มีรายการประเมิน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหา 2) สื่อแทนความ 3) การแสดงตัวอย่าง 4) ภาษาดังตาราง 8

ตาราง 8 รายการประเมินและเกณฑ์การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

รายด้าน	เกณฑ์การพิจารณา
1. เนื้อหา ระบุเนื้อหาสำคัญได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน เป็นลำดับขั้นตอน	- ถ่ายทอดเนื้อหาได้อย่างถูกต้องทั้งหมด - ถ่ายทอดเนื้อหาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ของประเด็นเนื้อหา - มีการลำดับเนื้อหาได้อย่างเป็นลำดับ
2. สื่อแทนความ	- มีการเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟหรือ ภาพเคลื่อนไหวที่นำมาประกอบสื่อสารถูกต้อง และเหมาะสมกับเนื้อหา
3. การแสดงตัวอย่าง	- มีการยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่สอดคล้อง กับเนื้อหาประกอบการนำเสนอ

ตาราง 8 ต่อ

รายด้าน	เกณฑ์การประเมิน
4. ภาษา	- มีการใช้เลือกใช้ภาษาเฉพาะทางวิทยาศาสตร์หรือภาษาทั่วไปสื่อสารได้อย่างเหมาะสม - มีการขยายคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น - ผู้พูดใช้น้ำเสียงสื่อสารได้อย่างน่าสนใจ

5) นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบภาษา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การประเมิน เกณฑ์การให้คะแนน จากนั้นนำแบบประเมินไปเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

6) เลือกข้อรายการประเมินที่ผ่านเกณฑ์การประเมินซึ่งมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 และปรับปรุงตามคำแนะนำ โดยปรับปรุงให้รายการมีความกระชับ ไม่กำกวม และความถูกต้องทางภาษา

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การนำไปทดลองใช้จริง (Trail Run)

1.1 แบบแผนการทดลอง

การทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นการทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment Design) รายละเอียดดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	การทดลอง	สอบหลัง
E_1	T_1	X	T_2
C_1	T_3		T_4

เมื่อ	E_1	แทน	กลุ่มทดลอง
	C_1	แทน	กลุ่มควบคุม
	T_1, T_3	แทน	ทดสอบก่อน
	T_2, T_4	แทน	ทดสอบหลัง
	X	แทน	ตัวแปรจัดกระทำ (ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์)

1.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ก่อนนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ไปทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างโดยผู้วิจัย
2. การวิจัยใช้เวลาทั้งสิ้น 12 คาบ โดยดำเนินการสอนในรายวิชาฟิสิกส์

ตาราง 10 การดำเนินการวิจัย

รายการ	เครื่องมือ	เวลา (คาบ)
ทดสอบก่อนเรียน	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	1
กิจกรรมที่ 1 ดึงออกไปให้ไกล หลุดโลก	1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2. แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วยวาจา	3
กิจกรรมที่ 2 ปืนใหญ่อยุธยา	1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2. แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วยวาจา	4
กิจกรรมที่ 3 ดึงออกไปให้ไกล หลุดโลก	1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2. แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วยวาจา	3
ทดสอบหลังเรียน	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	1
รวม		12

3. การดำเนินการหลังปฏิบัติการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วย
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แผนการสอน (5E) 3 แผน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับ
วัตถุหมุนและไม่หมุน
- 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุ
หมุนและไม่หมุน ประกอบด้วย บทปฏิบัติการทดลองและแบบฝึกหัด
- 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4) แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

1.4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติ ดังนี้

1.4.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

- 1) ค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean)
- 2) ค่าเฉลี่ย (Standard Deviation)
- 3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Percentage)

1.4.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

- ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยสถิติพื้นฐาน
- ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลอง
- ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for Independent Samples) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของนักเรียนทั้งสองกลุ่มหลังปฏิบัติการ โดยมีการทดสอบความแตกต่างก่อนการปฏิบัติการ
 - 1) ถ้าพบความแตกต่างของคะแนนสอบก่อนการปฏิบัติการจะทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติแบบ ANCOVA (Analysis of Covariance)
 - 2) ถ้าไม่พบความแตกต่างของคะแนนสอบก่อนการปฏิบัติการจะทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยการทดสอบค่าที (t-test for Independent Samples)
- ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 โดยใช้สถิติพื้นฐาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่โพรเจกไทล์ สำหรับวัดอุณหภูมิและไม้ม้วน มีเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัดอุณหภูมิและไม้ม้วน ประกอบด้วย บทปฏิบัติการทดลอง แบบฝึกหัดหลังเรียน (121 คะแนน) และแบบทดสอบหลังปฏิบัติการ จำนวน 25 ข้อ (30 คะแนน) รายละเอียดดังตาราง 11 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้มีการวิเคราะห์ผล ดังตารางที่ 12

ตาราง 11 สรุปคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละ (%)
กิจกรรมที่ 1 ดัดออกไปให้ไกลหลุดโลก	49	44.41	90.63
กิจกรรมที่ 2 ปืนใหญ่อยู่อยุธยา	50	38.74	77.48
กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ	22	19.91	90.50
	121	103.06	86.20

จากตาราง 11 คะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัดอุณหภูมิและไม้ม้วนประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ 1) กิจกรรม ดัดออกไปให้ไกลหลุดโลก มีคะแนน 49 คะแนน 2) กิจกรรมปืนใหญ่อยู่อยุธยา มีคะแนน 50 คะแนน และ 3) กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ มีคะแนน 22 คะแนน รวมทั้งหมด 121 คะแนน พบว่านักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการ 103.06 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.20

ตาราง 12 เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละ (%)
คะแนนระหว่างปฏิบัติการ (E_1)	121	06.103	20.86
คะแนนหลังปฏิบัติการ (E_2)	30	06.21	00.72
ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)	-	-	86.20/72.00

จากตาราง 12 ซึ่งให้เห็นว่า ผลระหว่างปฏิบัติการของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 86.20 และจากการทำแบบทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แสดงว่า ผลหลังปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ 72.00 แสดงว่า ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 86.20/72.00 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

สมมติฐานวิจัยที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับ วัตถุหมุนและไม่หมุนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทดสอบความแตกต่างก่อนปฏิบัติการของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลปรากฏว่า ไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	34	8.08	3.64	1.86	0.07
กลุ่มควบคุม	46	6.70	3.19		

$$p < 0.05$$

จากตาราง 13 คะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบคะแนนหลังปฏิบัติการของนักเรียนทั้งสองกลุ่มจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ปรากฏดังตาราง 15

1.1 การทดสอบคะแนนร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ก่อนและหลังของกลุ่มทดลองจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ปรากฏดังตาราง 14

1.2 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ปรากฏดังตาราง 15

ตาราง 14 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองก่อนและหลังปฏิบัติการ

	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	34	20	8.07	3.39	8.64	0.00
หลังเรียน	34	20	12.38	2.48		

$$p < 0.05$$

จากตาราง 14 ผลการศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์จำนวน 20 ข้อ (20 คะแนน) พบว่า นักเรียนมีคะแนนก่อนการปฏิบัติการอยู่ที่ 8.07 คะแนน และหลังปฏิบัติการอยู่ที่ 12.38 เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตาราง 15 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หลังการทดลอง					
	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	34	12.38	2.48	2.66	0.00
กลุ่มควบคุม	46	10.26	4.69		

จากตาราง 15 ผลการศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังปฏิบัติการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 12.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.48 ส่วนกลุ่มควบคุมชี้ให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ย 10.26 ส่วนเบี่ยงเบน 4.69 เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนหลังปฏิบัติการระหว่างนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

สมมติฐานที่ 3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน มีคะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุนและไม่หมุน เพื่อพัฒนาทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหา 2) สื่อแทนความ 3) การแสดงตัวอย่าง และ 4) ภาษา องค์ประกอบด้านละ 10 คะแนน รวม 40 คะแนน ผู้ทำการประเมิน ได้แก่ 1) นักเรียนทำการประเมินขณะเพื่อนร่วมชั้นพูดหน้าชั้น 2) ผู้สอนเป็นผู้ประเมิน และ 3) ครูวิทยาศาสตร์ท่านอื่นร่วมประเมิน ผลดังตาราง 16

ตาราง 16 ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

กลุ่มที่	ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา				รวม (40)	ร้อยละ (%)
	เนื้อหา (10)	สื่อแทนความ (10)	การแสดงตัวอย่าง (10)	ภาษา (10)		
1	7.5	7.2	6.35	7.95	29	72.5
2	7.95	7.55	6.70	8.05	30	75.6
3	7.00	7.30	6.60	7.10	28	70.0
4	7.65	7.80	6.95	7.70	30	75.3
5	8.35	8.45	7.55	8.30	33	81.7
6	7.4	6.60	6.25	7.20	27	69.0
รวม	7.64 (76%)	7.48 (75%)	6.73 (67%)	7.72 (77%)	30 (74%)	
S.D.	0.47	0.62	0.47	0.48	1.87	

จากตารางที่ 16 พบว่า การประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนักเรียนทั้งหมด 6 กลุ่ม มีนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาต่ำกว่าร้อยละ 70 เพียง 1 กลุ่ม ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 27 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 69 ในขณะที่นักเรียนอีก 5 กลุ่ม มีผลสูงกว่าเกณฑ์

เมื่อนำข้อมูลจากตาราง 16 มาวิเคราะห์เป็นคะแนนรายบุคคลและหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ตามที่เกณฑ์ได้ตั้งไว้ ได้ผลแสดงดังตาราง 17

ตาราง 17 จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

นักเรียน (คน)	คะแนนรวม	คะแนนที่ได้			นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		$\bar{X}$	S.D.	%	จำนวน(คน)	ร้อยละ
34	40	30	1.87	74	29	85.3

จากตารางที่ 17 ชี้ให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการประเมินทักษะ
สื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา มีค่าเท่ากับ 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74 และผล
ปรากฏว่า มีนักเรียน 29 คน ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 85.3 เป็นไปตาม
สมมติฐานข้อ 3



บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

ผลและการอภิปรายผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1 ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน ซึ่งประกอบหน่วยการเรียนรู้เรื่อง 1) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่หมุน ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ 1) กิจกรรมติดออกไปให้ไกลหลุดโลก 2) กิจกรรมปืนใหญ่อยุธยา และหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุหมุน ประกอบด้วย 1 กิจกรรม คือ 1) กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ

1.2 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 86.20/72.00 ซึ่งไม่น้อยกว่า 70/70

2. ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน สรุปได้ตามสมมติฐานดังนี้

2.1 หลังปฏิบัติการคะแนนของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนปฏิบัติการและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 นักเรียน 29 คน ได้คะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 85.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 86.20/72.00 ซึ่งไม่น้อยกว่า 70/70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการแรก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับ วัตถุประสงค์และไม่หุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากชุดกิจกรรมได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมีระบบและเป็นขั้นตอน กล่าวคือผู้วิจัยได้เริ่มออกแบบชุดกิจกรรมให้ครอบคลุมเนื้อหาโดยผ่านมาตรฐานและหลักสูตร คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ รวมไปถึงพฤติกรรมหลังการฝึกปฏิบัติ นอกจากนี้ศึกษาแบบเรียนที่มีผู้ที่ได้รับการจัดประสบการณ์เป็นหลัก (Wright, 2011) เพื่อเป็นกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ทั้งกรณีวัตถุเกิดการหุนและไม่เกิดการหุน ศึกษาคุณสมบัติเพื่อนำมากำหนดเป็นกิจกรรมการทดลองในบทปฏิบัติการประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 ดึงออกไปให้ไกล หลุดโลก กิจกรรมที่ 2 ปืนใหญ่อยุธยา และ กิจกรรมที่ 3 ชูแก้วขึ้นแล้วหุน ๆ นำไปสู่การสร้างบทปฏิบัติการฟิสิกส์ รวมถึงออกแบบกิจกรรม หรือการทดลองที่เน้นการจัดบรรยากาศที่สร้างความสนใจและเอื้อต่อการสร้างองค์ความรู้ภายในตนเองตามทฤษฎีของวิกทอร์สกี (Wink & Putney, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของฮาเก็น (Hagen, 2016) พบว่า การสร้างชุดกิจกรรมหรือบทปฏิบัติการเพื่อฝึกทักษะการเรียนรู้หรือเพิ่มพูนประสบการณ์ของนักเรียนนั้น โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้ผ่านการฝึกโดยชุดกิจกรรมนั้นๆ ผ่านการเรียนรู้เป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยสมาชิก 5-7 คน โดยการให้ผลสะท้อนกลับเพื่อประเมินตนเองนั้นจะอาศัยการประเมินโดยเพื่อนร่วมชั้น (Peer assessment) เพื่อเสริมสร้างปฏิบัติการในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้จริงในการจัดการเรียนรู้ได้

ประการที่สอง การหาคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุประสงค์และไม่หุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้รับการพิจารณาความเหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน อันประกอบด้วย 1) ผู้ด้านเนื้อหา 2 ท่าน และ 2) ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะซึ่งผลการประเมินพบว่า

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องในทุกองค์ประกอบและมีความเหมาะสมดีมาก และผ่านขั้นตอนของการหาคุณภาพเครื่องมือ โดยศึกษานำร่องกับนักเรียน 5 คน อ่านเนื้อหาในบทปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบภาษาที่ใช้ ความเข้าใจในเนื้อหาและลำดับของเนื้อหา จากนั้นให้นักเรียน จำนวน 15 คน ทำการทดลองตามที่ระบุในบทปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการในห้องเรียนและหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม จากนั้นนำไปศึกษานำร่องกับนักเรียน 45 คน เพื่อจัดกระทำจริง เพื่อใช้แบบประเมินทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา นำผลที่ได้ปรับปรุงชุดกิจกรรมให้มีความสมบูรณ์ที่สุด จากนั้นนำชุดกิจกรรมที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวมาใช้จริง กับนักเรียน 34 คน ผลปรากฏว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประสิทธิภาพของคะแนนระหว่างปฏิบัติการ (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังปฏิบัติการ (E_2) เท่ากับ 86.20/72.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน คูเจริญไพศาล ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมที่ผ่านการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และผลชี้ให้เห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียน (E_2) เท่ากับ 80.81/80.66 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดและสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรศักดิ์ ระลอกน้ำ (สุรศักดิ์ ระลอกน้ำ & สุภาภรณ์ ศิริโสภณา, 2554) ที่พัฒนาชุดการทดลองที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิผลปรากฏในระดับดี เมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพบว่ามีความมีประสิทธิภาพเท่ากับ 74.37/71.32 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุริพร เขียวสมบัติและอังคณา อ่อนธานี (Keawsombut & Onthane, 2015) ที่สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นไปตามกระบวนการพัฒนาพบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

ด้วยเหตุนี้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุนจึงมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดและเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. กลุ่มทดลองมีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์หลังปฏิบัติการสูงกว่าก่อนปฏิบัติการและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องด้วยประการดังนี้

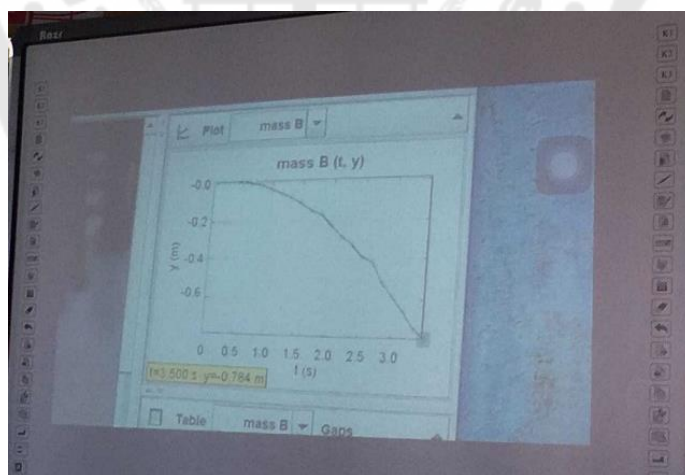
ประการแรก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีลำดับในการฝึกปฏิบัติการทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม อีกทั้งทำให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาอันเนื่องมาจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ฝึกการสังเกตและการตั้งคำถามนำไปสู่การหาคำตอบแบบนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเหมาะสมกับ

ผู้ที่ได้รับการฝึกปฏิบัติการ สอดคล้องกับแนวทางทางการจัดการศึกษาที่กล่าวว่า การปฏิบัติการในชั้นเรียนควรจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของบุคคลที่ได้รับการจัดกระทำ โดยมีเกณฑ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือความแตกต่างของบุคคลนั้น ๆ ส่งเสริมได้ฝึกทักษะและกระบวนการคิด การฝึกประสบการณ์จริงผ่านการปฏิบัตินำไปสู่การคิดเป็นทำเป็น (กรมวิชาการ, 2546) สอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการที่กล่าวในชั้นสำรวจและค้นพบว่า ในวางแผน ตั้งสมมติฐาน ระดมสมอง และลงมือปฏิบัติ อย่างเป็นลำดับขั้นล้วนส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าทำ จากกิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลกและกิจกรรมเป็นใหญ่อยู่ยงยา ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุน นำไปสู่กิจกรรมชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุเกิดการหมุน ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่ได้เรียนรู้เดิม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ไปอธิบายธรรมชาติที่อยู่รอบตัวรวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนพบเห็นได้ โดยมีหลากหลายงานวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะต่าง ๆ ได้ งานวิจัยของกวิน นวลแก้ว (กวิน นวลแก้ว & สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2562) ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยแสดงว่า นักเรียนที่ผ่านการฝึกปฏิบัติโดยแบบจำลองมีผลหลังการฝึกปฏิบัติสูงกว่าผลก่อนการฝึกปฏิบัติ ทั้งนี้หลังจากการเรียนยังพบอีกว่าผู้ที่ผ่านนั้นสามารถตอบคำถามและอธิบายเหตุผลที่มีความถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ อันเนื่องมาจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเป็นนามธรรมและรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การปฏิบัติเป็นกลุ่มย่อยผ่านการปฏิบัติจากชุดกิจกรรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้สูงขึ้นและช่วยเพิ่มพูนทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ (นิภา พรรณสิงห์คำ, วีระ ศักดิ์ชมภูคำ, & พิชญ์ สีนีชมภูคำ, 2561)

ประการที่สอง ชุดกิจกรรมที่ได้พัฒนาขึ้นมีการประยุกต์เทคโนโลยีเข้ากับการปฏิบัติการฟิสิกส์ในห้องเรียน โดยมีการใช้สมาร์ตโฟนของผู้เรียนและการใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์พิจารณาแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทั้งกรณีวัตถุเกิดการหมุนและไม่เกิดการหมุนเพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองที่ได้ตั้งข้อสังเกต ผสมผสานเข้ากับการเรียนรู้ที่เป็นวัฏจักร (Pedaste et al., 2015) อันประกอบด้วย ขั้นนำเข้าสู่เนื้อหา (Orientation) ขั้นสืบค้น (Investigation) ขั้นสรุป (Conclusion) และขั้นอภิปรายข้อสรุป (Discussion) เหมาะแก่การใช้ร่วมกับชุดกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์ของผู้ใช้ อีกทั้งการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการปฏิบัติการในห้องเรียนยังเรา

ความสนใจของผู้เรียนให้เกิดความอยากรู้ นอกจากนี้การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ปฏิบัติเป็นผู้กำหนดทิศทางการเรียนรู้ของตนเองตามขั้นที่ได้ระบุไว้ นั่นคือ ตนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้โดยแท้ (McKnight et al., 2016) ดังนั้นเมื่อนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน มาใช้ร่วมกับสมาร์ทโฟนและโปรแกรมวิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ทำให้ผู้ที่ฝึกปฏิบัติเกิดการเรียนรู้ทั้งการฝึกปฏิบัติและการเรียนรู้เชิงลึก (Michaelson, Knight, & Fink, 2004)

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์สำหรับหาพิจารณาแนวการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล จากการพุดหน้าชั้นเรียนเกี่ยวกับผลของการวิเคราะห์พบว่า แต่ละกลุ่มบอกและอธิบายข้อมูลสำคัญได้อย่างถูกต้อง ดังภาพประกอบที่ 28 และจากการทำแบบฝึกหัดในเรื่อง กราฟของการเคลื่อนที่ที่แสดงความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองสามารถตอบคำถามได้ ดังภาพประกอบ 29 ทำให้เกิดเข้าใจในเนื้อหาในการพิจารณาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุไม่เกิดการหมุนนั้น ที่มีแนวการเคลื่อนที่ 2 แนว โดยแนวระดับที่มีความเร็วคงตัว และแนวดิ่งที่มีการเคลื่อนที่แบบความเร่งคงตัวซึ่งเท่ากับค่าความเร่งความโน้มถ่วงของโลก



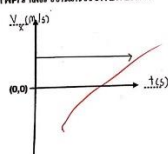
ภาพประกอบ 28 กราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุที่วิเคราะห์จากโปรแกรม

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนกราฟการเคลื่อนที่ต่อไปนี้

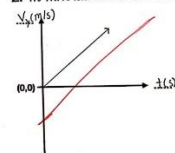
ปล่อยวัตถุออกไปในแนวราบด้วยความเร็ว v วัตถุตกถึงพื้นใช้เวลา t (กำหนด g มีค่า 10 m/s^2)

จงเขียนกราฟดังต่อไปนี้

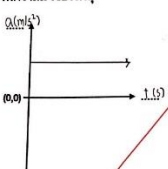
1. กราฟความเร็วในแนวระดับกับเวลา



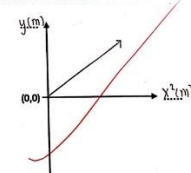
2. กราฟความเร็วในแนวตั้งกับเวลา



3. กราฟความเร่งของวัตถุ



4. กราฟที่แสดงว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ($y-x^2$)



ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างการตอบคำถามแบบฝึกหัดของกราฟการเคลื่อนที่

นอกจากนี้การใช้โปรแกรมวิเคราะห์แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทำให้ผู้เรียนสามารถลงข้อสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุมีการหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศว่า แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหมุนแตกต่างจากแนวการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาทั่วไป ซึ่งมีแนวการเคลื่อนที่แบบวกกลับ โดยเห็นได้จากการ Tracking แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้วแสดงกราฟของการกระจัดในแนวตั้งและการกระจัดในแนวระดับของวัตถุหมุนขณะเคลื่อนที่ไปในอากาศ ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองสามารถตอบคำถามได้ ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น

ดังนั้นจากการใช้ชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นร่วมกับโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ จึงมีส่วนช่วยให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยแบบเรียนปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของจินจู (Jin-Ju, 2008) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่า นักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุที่เกิดการหมุนขณะเคลื่อนที่ ที่เห็นได้จากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่ผิด แต่ผู้สอนได้แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยการให้ผลสะท้อนกลับและยกตัวอย่างเพิ่มเติม อีกทั้งได้ใช้แบบจำลอง (Simulation) จากคอมพิวเตอร์ในการบรรยายเนื้อหาสั้น ๆ เพื่อขยายความรู้และความเข้าใจของนักเรียนได้

3. นักเรียน 29 คน ได้คะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 85.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุหมุนและไม่หมุน ผลปรากฏว่า นักเรียน 29 คน จากทั้งหมด 34 คน ได้คะแนนทักษะไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 85.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ (Learning by doing) ที่เสริมสร้างปฏิสัมพันธ์กลุ่มอยู่ตลอดเวลาทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสื่อสาร ดังนี้

กิจกรรม ดึงออกไปให้ไกลหลุดโลก เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นในห้องเรียนฟิสิกส์ โดยมีการปฏิบัติการทดลอง ลงข้อสรุปและวางแผนในการเตรียมการพูดหน้าชั้นเรียน เป็นการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้แบบเป็นกันเองที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมคุ้นเคยกับสถานที่ เมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ผูกให้รู้จักคิดและตั้งคำถาม ส่งเสริมให้มีการสืบค้นข้อมูลเกิดการแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างกัน อีกทั้งกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มส่งผลให้ผู้เรียนสะท้อนผลจากการปฏิบัติด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้และพยายามทำความเข้าใจกับองค์ความรู้ที่น้อยอย่างละเอียดแล้วอภิปรายร่วมกันในกลุ่มก่อนสื่อสารข้อมูลวิทยาศาสตร์แก่ผู้ฟัง ทำให้นักเรียนที่ผ่านการปฏิบัติด้วยชุดกิจกรรมนี้มีทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ สอดคล้องกับศิริโรจน์ เตชะแก้ว (ศิริโรจน์ เตชะแก้ว, 2560) ที่กล่าวว่า เมื่อผู้เรียนได้อภิปรายและแสดงความคิดเห็นกันในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ ผู้เรียนสามารถสื่อสารเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ผ่านการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

กิจกรรม ปีนใหญ่อยุธยา ผู้วิจัยใช้วิธีทัศนในการสร้างความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนและทำท่ายความสามารถของผู้เข้าร่วมคือระบุให้หาภารกิจที่แฝงอยู่ในวิธีทัศน โดยสร้างสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนเป็นชาวบ้านอยุธยาที่ได้รับภารกิจจากกรุงศรีฯ ในการสร้างปืนใหญ่ สถานการณ์สมมติที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนตื่นตัวและอยากที่จะเรียนรู้และค้นหาคำตอบ สังเกตได้จากปฏิกิริยาตอบรับของผู้เรียนขณะมีการจัดการเรียนการสอนและบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานครื้นเครง ในระหว่างการฝึกปฏิบัติผู้วิจัยทำการสังเกตนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นรายบุคคล พบว่า มีความกระตือรือร้นในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐานของตนเอง นอกจากนี้ยังจัดให้มีการ

แข่งขันคัดเลือกปืนใหญ่อยุธยาที่สามารถยิงเข้าศึกได้ 5 เมตร และสามารถยิงได้ระยะที่ไกลที่สุด สร้างความตื่นเต้นร่าเริงให้กับผู้เรียนเป็นอย่างมาก และให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอโครงสร้างหลักการทำงานของปืนใหญ่ที่ได้สร้างขึ้นโดยการพูดหน้าชั้นเรียน พบว่าแต่ละกลุ่มเตรียมการพูดหน้าชั้นและเลือกใช้สื่อประกอบที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพประกอบ ภาพเคลื่อนไหวจากการบันทึกภาพของสมาชิกในกลุ่ม การพูดนำเสนอหน้าชั้นนั้นผู้เรียนสามารถเลือกใช้กราฟและภาพประกอบการพูดนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับเนื้อหา อีกทั้งมีการใช้เลือกใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบการพูดอธิบาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ปิยพร ศักดิ์ภิรมย์ ที่พบว่าทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ ผู้สื่อสารมีความสามารถเลือกใช้อุปกรณ์เสริมและสิ่งแทนความได้ถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งมีการเลือกใช้สื่อประกอบการนำเสนอที่หลากหลาย และการพูดหน้าชั้นเปิดโอกาสให้ผู้พูดเลือกนำเสนอผลงานการสื่อสารได้หลากหลาย ทำให้ทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการพูดสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2546) กล่าวโดยสรุปว่า การพัฒนาทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ของผู้สื่อสารนั้น ในการฝึกปฏิบัติการจำเป็นจะต้องออกแบบให้ผู้พูดได้สร้างปฏิสัมพันธ์ มีการแสดงออกทางด้านภาษาและท่าทาง มีการใช้เทคนิคการคิดระดมสมอง จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้อภิปรายหน้าชั้นเรียนเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้และส่งข้อมูลย้อนกลับ อีกทั้งเพิ่มความท้าทายความสามารถโดยการใช้สถานการณ์จำลอง สนับสนุนให้มีบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น ร่าเริง สนุกสนาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการทางด้านการคิดและการแก้ไขในสถานการณ์ซับซ้อนที่เกิดขึ้นจริง อีกทั้งทำให้มีความสุขและความสนใจใฝ่เรียนรู้ตลอดการปฏิบัติการ

กิจกรรม ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ ในครั้งนี้จัดขึ้นในอาคารอเนกประสงค์ที่เป็นสถานที่กว้างเหมาะแก่การทำการทดลองยิงแก้วกระดาษ ในขั้นของการสร้างความสนใจผู้วิจัยให้นักเรียนมีส่วนร่วมโดยการให้นักเรียนชุดสาธิตออกมาสาธิตการกลิ้งกระดาษทรงกระบอกและลูกเบสบอลทรงกลมจากพื้นเอียง เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองชนิด อีกทั้งยังให้นักเรียนเป็นผู้นำในการสาธิตการยิงแก้วกระดาษออกไปในอากาศซึ่งสร้างความสนใจแก่นักเรียนที่เหลือในชั้นเรียนเป็นอย่างมาก สอดคล้องกับวาสนา กิริติจำเริญ และ อิสรา พลนงค์ (วาสนา กิริติจำเริญ & อิสรา พลนงค์, 2563) ที่พบว่า การเปิดโอกาสให้ผู้ฝึกปฏิบัติสืบค้นข้อมูล ลงมือปฏิบัติ แลกเปลี่ยนและอภิปรายสิ่งที่ได้ทำให้มีทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับกุลจ์เมเยอร์และเช็คเกอร์ (Kulgemeyer & Schecker, 2013) ที่กล่าวว่า การพัฒนา

ความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น อีกทั้งเกิดการเรียนรู้ด้วยกันเป็นกลุ่มโดยการสอนกันเอง นักเรียนในกลุ่มเกิดปฏิสัมพันธ์กันตลอดเวลา รวมถึงการวางแผนในการสืบเสาะหาความรู้ที่แต่ละกลุ่มนั้นมีกระตือรือร้นขนาดใหญ่ที่ใช้เขียนขั้นตอนในการหาคำตอบและใช้ประกอบการพูดหน้าชั้น ซึ่งสอดคล้องกับ Joyce และ Weil (Showers, Weil, & Joyce, 1992) ที่กล่าวว่า การเพิ่มเทคนิคใหม่ ๆ ในการปฏิบัติการเรียนที่หลากหลายจะช่วยส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในสิ่งที่ทำดีขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น บรรยากาศที่ผ่อนคลายจะส่งเสริมความอยากที่จะปฏิบัติมากขึ้น การเรียนในสถานที่แปลกใหม่จะกระตุ้นความสนใจและทำให้ตื่นตัว และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนโดยยึดให้เป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้จะยิ่งส่งเสริมการเรียนรู้และผู้เรียนสามารถแสดงศักยภาพตนเองได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน คูเจริญไพศาล ที่ทักษะสื่อสารของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ที่เรียนด้วยโครงการเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะในการทดลองและการนำเสนอของนิสิตที่เรียนด้วยโครงการเป็นฐานมีคะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์ค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ในการประเมินทักษะขณะพูดหน้าชั้นเรียนโดยผู้เรียนด้วยกันเองพบว่า แต่ละกลุ่มมีผลการประเมินค่อนข้างสูง อันเนื่องมาจากผู้พูดมีความสามารถในการพูดและดึงดูดความสนใจของผู้ฟังอย่างดีเยี่ยม มีการนำเข้าสู่การนำเสนอ บางกลุ่มจำลองสถานการณ์สมมติประกอบและมีการแสดงละคร และสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งน้ำเสียงและรูปแบบที่แต่ละกลุ่มนำเสนอสร้างความสนใจของผู้ฟังได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับบทความการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพของ ธัญพร จารุไพศาล (ธัญพร จารุไพศาล, 2559) ที่บอกว่าความมั่นใจจะแสดงออกทางน้ำเสียง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ฟังเชื่อและคล้อยตามได้ง่าย ซึ่งทำให้คะแนนจากการประเมินของนักเรียนที่อยู่ระหว่างการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก

จากเหตุผลดังกล่าวการเพิ่มประสบการณ์ด้วยชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นที่สนับสนุนการเรียนเป็นกลุ่มและการพูดหน้าชั้นเรียนจึงมีส่วนช่วยให้ผู้ที่ได้รับการปฏิบัติการได้พัฒนาทักษะสื่อสารจนทำให้มีคะแนนทักษะสื่อสารวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ในการจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุเกิดการหมุน ควรใช้วัตถุหมุนรูปทรงต่าง ๆ มาออกแบบกิจกรรม เช่น ไพ่ (Card)
2. ควรใช้โปรแกรมวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติการในชั้นเรียน เช่น แอปพลิเคชันอื่น ๆ ในสมาร์ทโฟน
3. ในการวัดผลการเรียนรู้จากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียน ควรวัดตัวแปรที่หลากหลายที่ส่งเสริมสมรรถภาพของผู้เรียน เช่น ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ



บรรณานุกรม

- Briggs, J., Lyman, J. (1959). Effect of Spin and Speed on the Lateral Deflection (Curve) of a Baseball; and the Magnus Effect for Smooth Spheres. *American Journal*, 27(8).
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public understanding of science*, 12(2), 183-202.
- Cross, R. (2007). Aerodynamics of a party balloon. *The Physics Teacher*, 45(6), 334-336.
- Cross, R. (2012a). Measuring the Effect of Lift and Drag on Projectile Motion. *The Physics Teacher*, 50(80), 80-82.
- Cross, R. (2012b). Measuring the Effects of Lift and Drag on Projectile motion. *The Physics Teacher*, 50(80), 80-82.
- Hagen, J. P. (2016). Team-Based Learning in Physical Chemistry *The Flipped Classroom Volume 1: Background and Challenges* (pp. 55-72): ACS Publications.
- Jin-Ju, Y. (2008). Development and evaluation of a simulation-based education course for nursing students.
- John, W. (2009). *The Science of Golf*. OUP Oxford.
- Keawsombut, S., & Onthane, A. (2015). Development of Learning Activity Package through Constructivism Theory with Six Thinking Hats to Enhance the Critical Thinking Skill on Topic "Food for Life" for Mathayomsuksa 2 Students. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 8(2), 30-42.
- Krathwohl, D. R., & Anderson, L. W. (2009). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*: Longman.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science—assessment of science communication competence. *Research in Science Education*, 43(6), 2235-2256.
- McKnight, K., O'Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J., & Bassett, K. (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194-211.

- Michaelsen, L. K., Knight, A. B., & Fink, L. D. (2004). Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61.
- Showers, B., Weil, M., & Joyce, B. (1992). Models of Teaching. In: Boston: Allyn and Bacon.
- Timkova, V., & Jeskova, Z. (2017). How Magnus Bends the Flying Ball - Experimenting and Modeling. *The Physics Teacher*, 55(112), 112-114.
- Treise, D., & Weigold, M. F. (2002). Advancing science communication: A survey of science communicators. *Science Communication*, 23(3), 310-322.
- Wink, J., & Putney, L. G. (2002). *A vision of Vygotsky*: Allyn & Bacon.
- Wright, G. B. (2011). Student-centered learning in higher education. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 23(1), 92-97.
- เยาวลักษณ์ บัวศรีใส ทนงค์ดี ไสวจัสสตากุล และ บุญจันทร์ สีสันต์. (2558, กันยายน-ธันวาคม). A Development of Web-Based Instruction Using Cooperative Learning on Projectile Motion for Grade 10 Students. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 14(3), 158-165.
- โชติกา ภาษีผล. (2554). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติกา ภาษีผล. (2559). *การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมวิชาการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ, ส. (2559). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6* (เพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: สกสค ลาดพร้าว.
- กวิน นวลแก้ว และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2562). การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง โครงสร้างที่เซลล์เปลี่ยนแปลงสภาวะของคนด้วยการ

จัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. Paper presented at the รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยสารคาม.

คณาภรณ์ รัชมีมารีย์. (2559). การพัฒนาชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา, 8(16), 125-153.

คณาภรณ์ รัชมีมารีย์. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง สารและสมบัติของสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา, 8(16), 125-135.

จตุพร พงศ์พีระ และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2560). รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.

Ratchaphruek Journal, 15(3), 24-35.

จันจิรา จุลรังสี และ เฉลิมพร ทองพูน. (2558, ธันวาคม). การพัฒนาชุดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง โมล ด้วยวิธีการสอน SSCS สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 31(2), 117-130.

ช่วง ทมทิตขงค์. (2554). ฟิสิกส์: มัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: ไฮเอ็ดพับลิชชิง.

ชวรัตน์ ศิริวงษ์. (2559). สรุปเข้มฟิสิกส์กลศาสตร์มัธยมปลาย. สมุทรปราการ: เนว่าเอ็ดดูเคชั่น.

ชวลิต เลหาอุดมพันธ์. (2562). ฟิสิกส์ขนมหวาน เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬา.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2520). ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดวงแสง ณ นคร. (2555). การใช้สื่อการสอน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ถาวร เรืองบุญ และ สุริยะ วุฒิพรหม. (2559, 28 พฤษภาคม). การออกแบบและพัฒนาชุดยิงโพรเจกไทล์ด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7(1), 191-203.

ธัญพร จารุไพศาล. (2559). การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ.

<https://www.entraining.net/expert/%E0%B8%A0%E0%B8%8D.%E0%B8%98%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B9%84%E0%B8%9E%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%A5/>

- ธาดา ธาดาสี. (2019). การบริหารงานวิชาการ: กรณีศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชา
อาเซียนศึกษา โดยใช้รูปแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *Journal of Educational
Administration, Silpakorn University*, 10(2), 24-32.
- นิตยา ชัยชูเชิด. (2557). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม
วิทยาศาสตร์. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา*, 6(12), 87-94.
- น้ำฝน คูเจริญไพศาล. (2560). ความสามารถในการทดลองวิทยาศาสตร์และทักษะสื่อสารของนิสิต
ครูวิทยาศาสตร์ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน. *วารสารวิจัยทางการ
ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 11(2), 71-84.
- น้ำฝน คูเจริญไพศาล กนกวรรณ ผิวเหมาะ บุษพร โนนเปื่อย และ ประญา เหลืองแดง. (2559,
กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลายกรด-เบส โดยเน้น
กระบวนการคิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและ
พัฒนา*, 8(16), 16-29.
- น้ำฝน คูเจริญไพศาล สุรเชษฐ์ หิรัญสถิต ภัทราภา สบเหมาะ และ วรณดา ห้วยกัญจน์. (2556).
การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน
ปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 5(10), 1-19.
- นิภา พรณังสิงห์คำ วีระ ศักดิ์ชมภูคำ และ พิชญ์ สนิชมภูคำ. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมการ
จัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือควบคู่กับโปรแกรม GSP เพื่อ
ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2. *Journal of Graduate Research*, 9(2), 1-20.
- บุญเกื้อ คอระเห. (2545). *นวัตกรรมการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: หจก. SR Printing.
- บุญเกื้อ คอระเห. (2545). *นวัตกรรมการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: หจก. SR Printing.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาการสอน*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาสารคาม.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์นการ.
- บุญเกื้อ คอระเห. (2545). *นวัตกรรมการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: หจก. SR Printing.
- ปิยพร ศักดิ์ภิรมณ์ ศศิเทพ ปิตุพรเทพิน สุธาสินี กิตยาการ และ กัลยาณี พันโบ. (2563). การพัฒนา
ความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการ

- เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *Paper presented at the การประชุมวิชาการและนำเสนอ
งานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 11*
- พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ. (2556). *ฟิสิกส์: มัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒนา.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ สำนัทดสอบทางการศึกษา
และจิตวิทยา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิชิต ฤทธิ์จำรูญ. (2557a). *หลักการวัดและการประเมินผลทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ:
แฮสส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- พิชิต ฤทธิ์จำรูญ. (2557b). *หลักการวัดและการประเมินผลทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ:
แฮสส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- ยุพิน พิพิธกุล และ อรพรรณ ต้นบรรจง. (2531). *สื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชนิกุล ภิญญานันท์. (2554). *การวิจัยและสถิติทางการศึกษา ประมวลชุดวิชา หน่วยที่ 6-10*.
สุโขทัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วศิน คล้ายบรรเลง ชาตรี ฝ่ายคำ และ อภิชาติ พัฒนาโกวัฒนา. (2559). *การศึกษาแนวคิดเรื่องการ
เคลื่อนที่แบบต่าง ๆ. Paper presented at the การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัย
รังสิต ประจำปี 2559*, กรุงเทพฯ.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: แอล ที เพรส.
- วาสนา กิริติจำเริญ และ อิสรา พลนงค์. (2563). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ
การสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหา
ความรู้ 5E กับวิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน. NRRU Community Research
Journal, 14(1), 29-43.*
- วิชัย วงศ์ใหญ่. (2523). *สรุปผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการฝึกหัดครูประถมแบบสมรรถฐาน*.
กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วีระ ไทยพานิช. (2555). *57 วิธีการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
รามคำแหง.
- ศรัญญ เมืองกระจำ สุมะธ ไทยกลาง ปณิธาน พิมพ์หนู และ น้ำฝน คูเจริญไพศาล. (2558). *ผลการ
ใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการ
วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ, 30(2), 99-116.*

- ศิริรัตน์ เตชะแก้ว. (2560). การพัฒนาทักษะสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบประสาทและระบบ
โครงร่างและการเคลื่อนไหวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบห้องเรียนกลับทาง. *Paper presented at the โครงการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอ
ผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17,*
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2553). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเยาวชน* (พิมพ์ครั้งที่ 4).
กรุงเทพฯ: เทคนิคพรินติ้ง.
- สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2533). *การผลิตชุดการสอนและชุดการสอนภาษาไทยเรื่อง มาตรา
ตัวสะกด. สุพรรณบุรี: โรงเรียนสุพรรณภูมิ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1.*
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับการพัฒนา
ทักษะศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 43(192), 14-17.
- สุรศักดิ์ ระลอกน้ำ และ สุภาภรณ์ ศิริโสภณา. (2554). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทน
ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในท้องถิ่น ด้วยชุดกิจกรรมตรวจสอบ
คุณภาพน้ำเบื้องต้น. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการ
เรียนรู้*, 2(2), 11-21.
- อนุชา แป้นจันทร์ ธิติยา บงกชเพชร และ ทิราณี ขำล้ำเลิศ. (2555). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้
อย่างมีบริบท เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพื่อพัฒนาความเข้าใจในทัศนและ
ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
4. *Paper presented at the การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา
เขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.*
- อารยา ปรีชาพานิช. (2555). การพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติกรณีศึกษา:
รายงานวิชาพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต (Master's thesis)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.



ภาคผนวก

หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรองจริยธรรมโครงการวิจัยที่รับรองในมนุษย์

MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61



**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเคลื่อนที่แบบ
โพรเจกไทล์ สำหรับวัดอุณหภูมิและไมโครม
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวมยุรี จักรสิทธิ์
หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์
รหัสโครงการวิจัย : 398/61X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 21 ธันวาคม 2561
ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการ
รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the
Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical
Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 17 มกราคม 2562

ลงชื่อ.....
(นายปิยชาติ บุญเพ็ญ)

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

ลงชื่อ.....
(แพทย์หญิงสุรพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X-398/2561

ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือ ด้านวิชาชีพฟิสิกส์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย พะวงษ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมณฑลกรุงเทพ

ด้านการสอนฟิสิกส์

3. รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยปัญญา จันนุโม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



ตาราง 18 แสดงร้อยละคะแนนเฉลี่ยระหว่างปฏิบัติการและหลังปฏิบัติการรายบุคคลของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สำหรับวัตถุดิบและไม้หมอน

นักเรียนคนที่	ร้อยละคะแนนระหว่างปฏิบัติการ (คะแนนเต็ม 121)	ร้อยละคะแนนหลังปฏิบัติการ (คะแนนเต็ม 30)
1	83	14
2	111	28
3	81	10
4	96	16
5	108	27
6	104	19
7	108	20
8	108	25
9	104	24
10	108	29
11	90	20
12	112	22
13	102	22
14	96	26
15	97	21
16	109	18
17	107	21
18	106	17
19	94	17
20	110	20
21	107	20
22	108	18
23	90	15
24	103	27

ตาราง 18 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ร้อยละคะแนนระหว่างปฏิบัติการ (คะแนนเต็ม 121)	ร้อยละคะแนนหลังปฏิบัติการ (คะแนนเต็ม 30)
25	97	28
26	103	16
27	101	23
28	115	27
29	101	24
30	107	18
31	96	26
32	100	27
33	108	11
34	100	10
เฉลี่ย	106.06	86.20

บทปฏิบัติการ

$F_M = \frac{1}{2} \rho A C_M v^2$
 $S = \sqrt{x^2 + y^2}$
 $F_G = mg$
 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
 $\vec{F}_M = \vec{\omega} \times \vec{v}$
 $F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2$
 $v_y = v_y + gt$
 $y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$
 $v^2 = u^2 + 2gh$
 $t = \frac{u_x}{a}$

projectile motion

เอกสารประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
สำหรับวัตถุนุ่มและไม้ห่ม

ชื่อ - สกุล
 ชื่อเล่น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....เลขที่.....

แบบฝึกหัด

$S = \sqrt{x^2 + y^2}$

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2$

$F_G = mg$

$F_M = \frac{1}{2} \rho A C_M v^2$

$\vec{F}_M = \vec{\omega} \times \vec{r}$

$x = u_x t$

$y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$

$v^2 = u^2 + 2gh$

$v_y = u_y + gt$

Projectile motion

แบบฝึกหัดวิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

สำหรับวัตถุประสงค์การหมุนและไม่หมุน

ชื่อ - สกุล

ชื่อเล่น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....เลขที่.....



ภาพประกอบ 30 ปฏิบัติการฝึกฝนนอกห้องเรียนในการศึกษานำร่อง



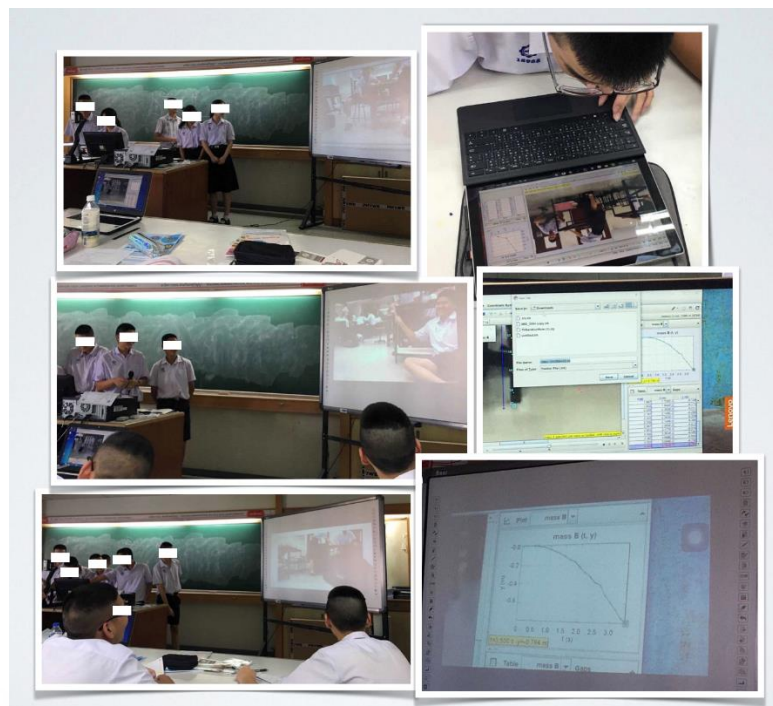
ภาพประกอบ 31 กิจกรรมการพูดหน้าชั้นเรียนของนักเรียนจากการศึกษานำร่อง



ภาพประกอบ 32 ทดสอบก่อนเรียนและฝึกปฏิบัติการเรียนรู้โปรแกรม Tracker



ภาพประกอบ 33 การใช้สมาร์ทโฟนบันทึกวีดิทัศน์ในกิจกรรมดีดออกไปให้ไกลหลุดโลก



ภาพประกอบ 34 กิจกรรมนำเสนอหน้าชั้นเรียน



ภาพประกอบ 35 การวางแผนและออกแบบสร้างป็นใหญ่ในกิจกรรม ป็นใหญ่อยู่อยุธยา



ภาพประกอบ 36 วางแผนและทำการทดลองในกิจกรรม ชูแก้วขึ้นแล้วหมุน ๆ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	มยุรี จักรสิทธิ์
วัน เดือน ปี เกิด	3 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	สกลนคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) การศึกษามหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)
ที่อยู่ปัจจุบัน	11 หมู่ 8 บ้านหนองลาด ตำบลหนองลาด อำเภอวาริชภูมิ จังหวัด สกลนคร 47150
ผลงานตีพิมพ์	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กรณีวัตถุ หมุนและไม่หมุน Development of Upper Secondary Students learning achievement by Using the Learning Activity Package: Projectile Motion for Spinning and Non-spinning