การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รุ่งทิพ จันทร์มุณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF PROJECTILE MOTION USING SCIENCE WATER ROCKET LEARNING ACTIVITIES FOR MATHAYOMSUKSA 4 STUDENT

RUNGTHIP JUNMUNEE

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science Degree in Science Education
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University
Academic Year 2012

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย นางสาวรุ่งทิพ จันทร์มุณี

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ดร.ปานจิต มุสิก)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ชัย หญิงประยูร)

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไว้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(อาจารย์สมพงค์ เหมือนเพชร)

ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	นางสาวรุ่งทิพ จันทร์มุณี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ศึกษา
ประธานอาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 กิจกรรม คือ 1) การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด 2) การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ 3) การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน และ 4) การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร จำนวน 54 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียน 5 ห้องเรียนเป็นชั้นภูมิ โดยเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ 24 คน แผนการเรียนภาษาไทย – สังคมศึกษา 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) กิจกรรมจรวดขวดน้ำ 2) แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้มีการทดสอบก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งเป็นแบบวินิจฉัยให้เหตุผล จำนวน 10 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และการทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t – test)

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ร้อยละ 100.00 นักเรียนแผนการเรียนภาษาไทย-สังคมศึกษา ร้อยละ 93.33 และในภาพรวมนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร้อยละ 96.30 มีการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ABSTRACT

The Title	Conceptual development of projectile motion using science water rocket learning activities for Mathayomsuksa 4 student
The Author	Miss. Rungthip Junmunee
Program	Science Education
Thesis Chairman	Assistant Professor Dr.Hussachai Sittirug
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Suppawan Promprou

The purpose of this research was to develop the students' conception about projectile motion using a series of science water rocket learning activities, that composed of 4 activities :1) using the suitable tools for measuring and estimating the composite of Water Rocket, 2) creating the Water Rocket, 3) Water Rocket competition in school and 4) Water Rocket competition with other institutes. Samples were collected by using the stratified random sampling in the first semester of 2011 educational year at Chauatwittayakarn school.54 students were selected from 5 classes in Mathayomsuaksa 4 (grade 10) including 2 classes of Mathematical Science and 3 classes of Thai social programs. The samples were taught using a science water rocket learning activites lesson plan and a conceptual test consisting of 10 items was designed for diagnosing the students' conceptions before and after learning. Data were analyzed using mean, percentage and paired samples t – test.

The results found that students' conceptions about projectile motion after learning with the Water Rocket activities were higher than before learning. There was significant difference between the pre-test and post-test's mean score ($p<0$ 01). 96.30 percentage of all students, 100 percentage of Mathematical Science program students and 93.33 percentage of Thai social program students developed better understanding projectile motion's conceptions.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการสนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้เมตตาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณนายวรรณวิทย์ ควนวิไล ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร นางอโณทัย ชูยก ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนบ้านคลองแคว และนายอุดมศักดิ์ จันทร์จำปา ครูชำนาญการโรงเรียนโมคลานประชาสรรค์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจแก้ไขเครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณนางสาวเพ็ญนภา เมฆาวรรณ์ ครูโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นางสาวจุรีย์ ไก่แก้ว ครูโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ที่กรุณาช่วยตรวจทานเนื้อหาในรายงานเล่มนี้และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2554 ที่ให้ความร่วมมือและความสะดวกในการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ที่กรุณาให้ความรู้ด้านต่างๆ และขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดา ที่เป็นแรงใจให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนเพื่อนร่วมงานที่คอยให้คำแนะนำ คุณค่าและประโยชน์ใดๆ จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดามารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

รุ่งทิพ จันทร์มุณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามของการวิจัย 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

ข้อตกลงเบื้องต้น 5

ข้อจำกัดของการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

ประโยชน์ของการวิจัย 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 9

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 9

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 (ว 31101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 13

หน่วยการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 (ว 31101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 14

บทที่ **หน้า**

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 16
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้ 16
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยหลักการสอน 3S+I 20
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 24
มโนมติ 33
ความหมายของมโนมติ 33
องค์ประกอบของมโนมติ 34
ประเภทของมโนมติ 34
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 35
ประวัติการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 35
ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 37
แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 38
สมการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 43
ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 44
กิจกรรมจรวดขวดน้ำ 49
ประวัติความเป็นมาของกิจกรรมจรวดขวดน้ำในประเทศไทย 49
ส่วนประกอบของจรวดขวดน้ำ 49
การออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ 49
กฎ กติกาและระเบียบการแข่งขันจรวดขวดน้ำ 50
หลักการทางวิทยาศาสตร์ของจรวดขวดน้ำ 54
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 55
งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ
ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 55
งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจในมโนมติ 59
3 วิธีดำเนินการวิจัย 62
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 62
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65
การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 65
การเก็บรวบรวมข้อมูล 73
การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล 74

บทที่ **หน้า**

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 76

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 77

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 77

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 77

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 78

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 86

สรุปผล 87

อภิปรายผล 88

ข้อเสนอแนะ 90

บรรณานุกรม 91

ภาคผนวก 99

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 100

ภาคผนวก ข แผนการจัดการเรียนรู้ 102

ภาคผนวก ค กิจกรรมจรวดขวดน้ำ 115

ภาคผนวก ง แบบทดสอบความเข้าใจ 132

ภาคผนวก จ คะแนนจากแบบทดสอบความเข้าใจ 143

ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ข้อมูล 159

ประวัติผู้วิจัย 161

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 4.1 9
2.2 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 4.2 10
2.3 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 8.1 11
2.4 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 14
2.5 ตัวชี้วัดบูรณาการ สาระการเรียนรู้แกนกลางและสาระการเรียนรู้ท้องถิ่นที่นำมาใช้ในวิจัย 15
2.6 สเกลการสอนแสดงบทบาทนักเรียนในการเรียนรู้ของแอนเดอร์สันและคณะ 25
2.7 ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้ 26
3.1 แบบแผนการทดลอง 73
3.2 เกณฑ์ในการให้คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 75
4.1 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ก่อนและหลังเรียน (รายคน) ... 78
4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ก่อนและหลังเรียน 79
4.3 ความถี่และร้อยละของระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 80
4.4 ความถี่และร้อยละของการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 84

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัยความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 4
2.1 ภาพวาดแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุขณะยิงด้วยปืนใหญ่ 36
2.2 แนวการเคลื่อนที่รูปโค้ง 36
2.3 ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในชีวิตประจำวัน 38
2.4 ตำแหน่งวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับ ณ เวลาเดียวกัน 38
2.5 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุและความเร็วขณะเวลาใดๆ 39
2.6 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ถูกยิงในแนวระดับ ความสูง H 41
2.7 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ทำมุมก้มกับแนวระดับ 42
2.8 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ทำมุมเงยกับแนวระดับ 43
2.9 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 44
2.10 ชุดอุปกรณ์ทำอย่างไรจึงจะไปไกลที่สุด 45
2.11 เครื่องยิงวัตถุทำมุมต่างๆ 45
2.12 เครื่องยิงวัตถุ 46
2.13 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบต่างๆ 46
2.14 ชุดยิงและปล่อยวัตถุ 47
2.15 ชุดยิงวัตถุด้วยมุมต่างๆ 47
2.16 ชุดเชื่อมต่อ Xplorer GLX 47
2.17 ชุดการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 48
2.18 สนามจรวดขวดน้ำประเภทความไกล 53
2.19 สนามจรวดขวดน้ำประเภทความแม่นยำ 53
2.20 สนามจรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม 54
4.1 การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติรายข้อ 85
4.2 ร้อยละการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติรายแผนการเรียน 85

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการจัดลำดับความสามารถด้านการศึกษาของไทยกับประเทศต่าง ๆ จะพบว่าประเทศไทยอยู่ในลำดับหลังๆ และมีแนวโน้มจะอยู่ท้ายไปเรื่อยๆ ผลสอบ O – NET ปีการศึกษา 2550 – 2552 ในภาพรวมได้คะแนนเฉลี่ยทั่วประเทศต่ำกว่า 50 % ทุกวิชา ทุกปี เช่นในปีการศึกษา 2552 นักเรียนชั้นม 6 โรงเรียนรัฐบาล มีคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 31.23 (อุทุมพร จามรมาน,2553) และผลจากระบบคัดเลือกนักเรียนเข้ามหาวิทยาลัยด้วยคะแนนสอบ O – NET หรือระบบแอดมิชชั่น ทำให้คุณภาพของนิสิตนักศึกษาทุกสาขาที่มีการเรียนวิชาฟิสิกส์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดูได้จากผลคะแนนที่ลดลง จำนวนนิสิตนักศึกษาที่สอบไม่ผ่านเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว อัตราการถอนรายวิชาและอัตราการพ้นสภาพของนิสิตนักศึกษาสูงขึ้นเป็นเท่าตัว นิสิตนักศึกษาหลายคนต้องลาออกเพื่อสอบใหม่ หลายคนจบปี 1 แต่ยังไม่ผ่านวิชาพื้นฐานฟิสิกส์ ทั้งที่อาจารย์ผู้สอนยังใช้เนื้อหา วิธีการสอน และข้อสอบวัดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เป็นแบบเดียวกัน และที่สำคัญยังพบว่านิสิตนักศึกษาเกือบทั้งหมดมีเกรดเฉลี่ยในระดับมัธยมสูงกว่า 3 00 ทั้งสิ้น (ผู้จัดการออนไลน์, 2551) ทำให้ปัญหานี้จึงตกมาสู่การจัดการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา ทำไมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงไม่แสดงถึงความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน โดยมีนักเรียนและครูเป็นผู้ต้องสงสัย กล่าวคือ นักเรียนขาดความสนใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีความรู้พื้นฐานไม่ดีพอ ใช้คณิตศาสตร์ไม่คล่อง แก้สมการไม่ได้ มีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์น้อย เรียนตามไม่ทัน สุดท้ายก็ไม่ชอบเรียนวิชาฟิสิกส์ ประกอบกับระบบการวัดและประเมินผลเอื้อต่อการทำให้นักเรียนไม่สนใจเรียน นักเรียนไม่กลัวการสอบตก เพราะมีคะแนนเก็บระหว่างภาคมาก หากทำกิจกรรมตามที่ครูมอบหมายครบก็ไม่ติดศูนย์ นักเรียนจึงขาดความมุ่งมั่น ขาดความอดทนในการเรียน ไม่ให้ความสำคัญกับวิชาฟิสิกส์เหมือนก่อน ส่วนปัญหาของครูที่เป็นอยู่ในขณะนี้ ครูฟิสิกส์มีภาระงานสอนมาก สอนหลายวิชา หลายระดับชั้น จำนวนนักเรียนต่อห้องมากเกินไป ไม่มีเวลาเตรียมการสอน ขาดการเสริมขวัญหรือกำลังใจ หากมีงานสนับสนุนมากประสิทธิภาพงานสอนก็จะลดลงไปอีก (สุมิตร สวนสุข, 2551)

นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจผิดในมโนมติ (Misconceptions) เกี่ยวกับเนื้อหาต่างๆ ในบทเรียน ยกตัวอย่างเช่น แอน พรีสคอตและมิเชล มิทเชลมอร์ ได้ศึกษาความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์อย่างต่อเนื่อง โดยในปีพ.ศ 2547 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2004) ได้ศึกษาความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักศึกษาหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชิดนีย์ ที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่มาก่อนกับที่ได้เรียนทั้งฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มาแล้ว โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนอธิบายหรือวาดรูป

ประกอบ ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 นาที ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับการขว้างวัตถุจากหน้าผาสูงด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ร้อยละ 71 นักเรียนไม่สามารถบอกความแตกต่างของการโยนวัตถุสองชิ้นจากหน้าผาด้วยความเร็วค่าต่าง ๆ ร้อยละ 85 นักเรียนไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับความเร็วของลูกระเบิดที่ถูกโยนบนเครื่องบิน ร้อยละ 75 และนักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการขว้างวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วง ร้อยละ 67 ส่วนปี พ.ศ.2548 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2005) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง มีผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพขึ้น

ในขณะที่ ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2549) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้การบรรยายเป็นหลัก และมุ่งเน้นการท่องจำสมการต่าง ๆ มากกว่าความเข้าใจแนวคิดสำคัญและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน

นอกจากนี้ วิชัย มะธิปิไข (2549) ได้ทำศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 68 คน โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดหนองคาย ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยวิธีจับฉลาก กลุ่มทดลองจำนวน 35 คน เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น และกลุ่มควบคุมจำนวน 33 คน เรียนแบบสืบเสาะแบบ สสวท เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น สำหรับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างละ 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง ใช้เวลาเรียน 3 สัปดาห์ แบบทดสอบแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติอัตราเร็วแสง 4 ข้อ การสะท้อนแสง 5 ข้อ การหักเหของแสง 4 ข้อและการเห็น 6 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ และ Chi Square test ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีความเข้าใจสมบูรณ์และมีความเข้าใจเพียงบางส่วนในมโนมติอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น มากกว่าแต่มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวคิดที่ผิดพลาด และมีแนวความคิดที่ผิดน้อยกว่า นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องข้างต้นประกอบกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่ระบุไว้ในหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 ว่า "การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียน ทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด" ความจำเป็นที่

หน่วยงานและบุคลากรทางการศึกษาควรปรับการเรียนเปลี่ยนการสอนให้สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 (ค.ศ.2001 – 2100 หรือ พ.ศ. 2544 – 2643) ซึ่งเป็นศตวรรษที่มีความรู้เป็นฐาน (Knowledge – based) ที่การรู้ (Literacy) มีความหมายมากกว่าการอ่านออก เขียนได้ หรือการมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานแต่หมายถึง การรู้ว่าจะใช้ความรู้และทักษะอย่างไรในบริบทของยุคสมัยที่มีการแข่งขันสูงให้สามารถประกอบอาชีพและดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีความสุขและช่วยให้ประเทศสามารถแข่งขันกับประเทศอื่นได้ (กุศลิน มุสิกุล, 2553) และครูวิทยาศาสตร์ควรมีความรู้ความสามารถรู้จักและเข้าใจหลักสูตร รู้วิธีการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน รู้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รู้วิธีการใช้ข้อมูลและนำเสนอ รู้จักทรัพยากรและแหล่งเรียนรู้ รู้วิธีสอนให้นักเรียนเข้าใจตนเอง รู้วิธีส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ร่วมกัน และรู้วิธีการวัดประเมินผล สามารถจัดกิจกรรมที่ปลูกฝังความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ให้นักเรียนได้นำความเข้าใจในแนวคิดหลักไปประยุกต์ใช้จริงหรือนำไปอธิบายปรากฏการณ์รอบตัว (สติยา ลังการ์พินธ์, 2553)

ฉะนั้น ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจึงเปลี่ยนแปลงบทบาทจากการชี้นำผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้ช่วยเหลือ ส่งเสริม และสนับสนุนผู้เรียนในการแสวงหาความรู้จากสื่อและแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ พร้อมทั้งให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้เรียนโดยทำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเชื่อมโยงกับกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ ซึ่งเป็นกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่สร้างความสนุกสนาน ความตื่นเต้นและกำลังแพร่หลายในหมู่นักเรียน โรงเรียนและบุคคลทั่วไป จะเห็นได้จากมีหน่วยงานต่างๆ จัดการแข่งขันอย่างต่อเนื่อง ทั้งในภาครัฐและเอกชน โดยองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติได้ดำเนินการจัดการแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 1 (Thailand Water Rocket Championship#1) ตั้งแต่ปี 2545 เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบัน เพื่อกระตุ้นส่งเสริมให้เยาวชนและประชาชนได้เรียนรู้หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การทำงานเป็นทีม พัฒนาการประดิษฐ์ การทดลองและการประยุกต์ใช้ อันเป็นการพัฒนาวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับเยาวชนอย่างเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) มาพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจพื้นฐานที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สามารถออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามแนวทฤษฎีคอนสตรักติวิสม์ (Constructivism) เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำในระดับจังหวัดหรือระดับที่สูงขึ้น อันเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและให้ความสำคัญในการเรียนแล้วทำให้มีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดพัฒนาออกแบบสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์และอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย อันจะเป็นการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยให้ทัดเทียมนานาประเทศต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

2. หลังจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ มีระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สูงกว่านักเรียนแผนการเรียนไทย – สังคมหรือไม่

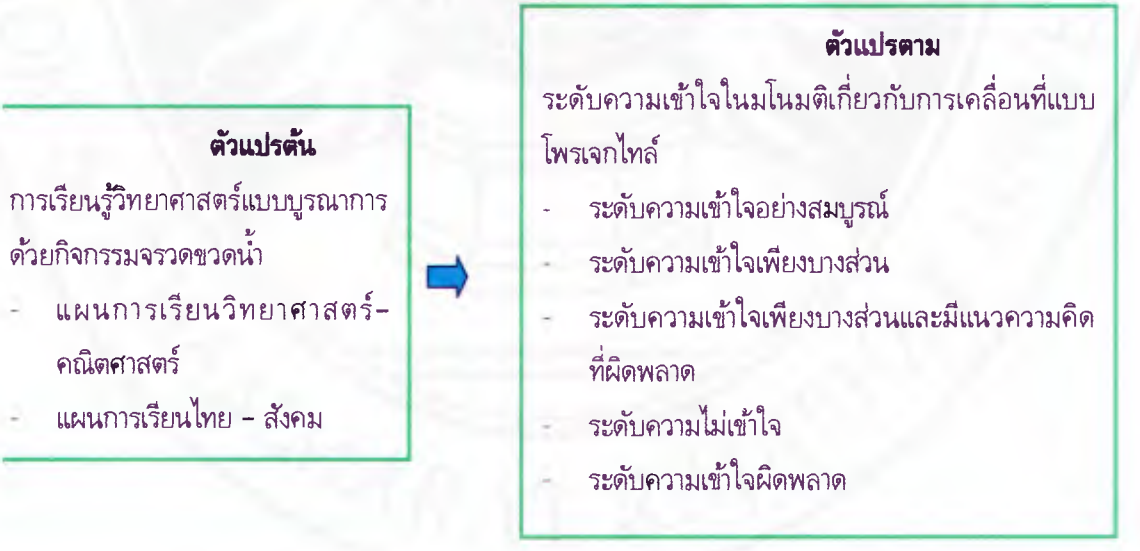
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์หลังการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนไทย – สังคม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดในมโนมติของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ผู้วิจัยจึงได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำโดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการทำวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการทาวิจัยความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

สมมติฐานของการวิจัย

1. หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีการพัฒนาระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าแผนการเรียนไทย - สังคม

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวนนักเรียน 180 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

1) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์
2) แผนการเรียนไทย - สังคม

ตัวแปรตาม ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

1) ระดับความเข้าใจอย่างสมบูรณ์
2) ระดับความเข้าใจเพียงบางส่วน
3) ระดับความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด
4) ระดับความไม่เข้าใจ
5) ระดับความเข้าใจผิดพลาด

3. พื้นที่ในการศึกษา

โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

4. ระยะเวลาที่ศึกษา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 สัปดาห์ๆ ละ 2 คาบ รวมทั้งหมด 10 คาบ

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำสำหรับใช้ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ ตามกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยอธิบายเกี่ยวกับแรงที่มากระทำ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว อัตราเร่ง ความเร่ง ประเภทของการเคลื่อนที่ และกฎการเคลื่อนที่

ของนิวตัน ซึ่งใช้ชุดทดลองจรวดขวดน้ำที่ใช้ในกิจกรรมจรวดขวดน้ำนั้นประกอบด้วย จรวดขวดน้ำ (นักเรียนประดิษฐ์เอง) ฐานจรวดขวดน้ำ ตลับเมตร นาฬิกาจับเวลา ปั๊มลม และถังน้ำ เป็นอุปกรณ์หลักที่จัดไว้เหมือนกัน หรือนักเรียนสามารถออกแบบหรือพัฒนาเองได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำและบูสเตอร์แบบต่างๆ สำหรับเป็นความรู้พื้นฐานในการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ กติกาการแข่งขัน ตลอดจนการทดลองปฏิบัติการและการเขียนรายงานกิจกรรมเพื่อแก้ไขความผิดพลาดเกี่ยวกับการประดิษฐ์และใช้ฐานจรวดขวดน้ำ

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบและพัฒนาชุดทดลองจรวดขวดน้ำภายใต้เทคโนโลยีที่สามารถจัดซื้อได้ในประเทศไทย สำหรับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นผลการเรียนรู้ซึ่งได้มาจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ที่ผู้วิจัยเป็นผู้พัฒนาเองตามกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เท่านั้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. นักเรียน หมายถึงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคารที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 7E

2. นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ หมายถึงกลุ่มนักเรียนที่เลือกเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งในปีการศึกษา 2554 ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4/2

3. นักเรียนแผนการเรียนไทย – สังคม หมายถึงกลุ่มนักเรียนที่เลือกเรียนแผนการเรียนภาษาไทย – สังคมศึกษา ซึ่งในปีการศึกษา 2554 ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5

4. แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 (ว 31101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

5 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ หมายถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ โดยใช้รูปแบบการเรียน 7E ในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 รหัสวิชา ว 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

6. ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ หมายถึงแนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นมาด้วยตัวของนักเรียนเอง ซึ่งอาศัยความรู้หรือประสบการณ์ของนักเรียนที่แสดงให้เห็นถึงกลุ่มความคิดหรือความจริงเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ

6.1 ระดับความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือระดับ SU (Sound Understanding :SU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง ครบสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

6.2 ระดับความเข้าใจเพียงบางส่วน หรือระดับ PU (Partial Understanding :PU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบสมบูรณ์ทั้งหมด หรือเลือกคำตอบผิดแต่อธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง สมบูรณ์ ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

6.3 ระดับความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด หรือระดับ PU/SM (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU/SM) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลถูกบางส่วน และมีบางส่วนไม่ถูกต้อง หรือเลือกคำตอบผิด อธิบายเหตุได้บ้าง แต่ไม่ครบสมบูรณ์ ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

6.4 ระดับความไม่เข้าใจ หรือระดับ NU (No Understanding :NU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายเหตุผล หรืออธิบายเหตุไม่ตรงกับคำตอบที่เลือกไว้ หรือเลือกคำตอบผิด ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

6.5 ระดับแนวความคิดที่ผิดพลาด หรือระดับ SM (Specific Misconception : SM) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง หรือเลือกคำตอบผิด อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่เกี่ยวข้อง ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

7. แบบทดสอบความเข้าใจ หมายถึงแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ เป็นแบบทดสอบแบบวินิจฉัยให้เหตุผลในการเลือกคำตอบ มี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ประสบการณ์เกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน จำนวน 2 ข้อ และตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

8. ความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ หมายถึงผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ที่มีต่อความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ซึ่งตรวจสอบได้จากผลการทดสอบจากแบบทดสอบความเข้าใจ

9. ผลพัฒนาความเข้าใจ หมายถึงผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งแปลผลมาจากระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนทีแบบโพรเจกไทล์ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน ก่อนและหลังเรียน

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้นำกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อช่วยในการตรวจสอบและพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

2. เป็นแนวทางในการศึกษาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบต่างๆ ที่มีสถานการณ์หรือเงื่อนไขอื่น ๆ สำหรับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ สำหรับระดับการศึกษาต่างๆ

3. เป็นการจุดประกายให้กับครูและสถาบันทางการศึกษาต่างๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตสื่อการเรียนรู้เรื่องอื่นๆ วิชาอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน แต่ละระดับ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มโนมติ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ได้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 4 และสาระที่ 8 พร้อมทั้งคำอธิบายรายวิชาและหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 เพื่อให้เห็นภาพรวมของหลักสูตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตารางที่ 2.1 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 4.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1.1 ในสนามโน้มถ่วงจะมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุมีน้ำหนัก 1.2 เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกแบบเสรี 1.3 สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุต่าง ๆ ไม่หลุดจากโลกเช่น การโคจรของดาวเทียมรอบโลก และอาจใช้แรงโน้มถ่วงไปใช้ประโยชน์เพื่อหาแนวดิ่งของช่างก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	2.1 เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้าจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไปสามารถนำ สมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างเครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่นออสซิลโลสโคป
	3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็ก และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	3.1 เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างหลอดภาพโทรทัศน์
	4 วิเคราะห์และ อธิบายแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าระหว่างอนุภาคในนิวเคลียส	4.1 อนุภาคในนิวเคลียส เรียกว่า นิวคลีออน 4.2 นิวคลีออน ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน 4.3 นิวคลีออนในนิวเคลียสยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงนิวเคลียร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงผลักทางไฟฟ้าระหว่างนิวคลีออน นิวคลีออน จึงอยู่รวมกันในนิวเคลียสได้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2.2 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 4.2

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	1. อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่ง ของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	1.1 การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวใด แนวหนึ่ง เช่น แนวราบหรือแนวดิ่งที่มีการกระจัด ความเร็ว ความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยความเร่งของวัตถุหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	2.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่มีความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวดิ่งคงตัว 2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลมและมีแรงในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง 2.3 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยที่มุมสูงสุดที่เบนจากแนวดิ่ง มีค่าคงตัวตลอด
	3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การเล่นเทนนิส บาสเกตบอล 3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การวิ่งทางโค้งของรถยนต์ให้ปลอดภัย 3.3 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างนาฬิกาแบบลูกตุ้ม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 2.3 ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 8.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำ การสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	-
	2. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบหรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ	-

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือ ตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ	-
	4. เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ	-
	5. รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพโดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล	-
	6. จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม	-
	7. วิเคราะห์ข้อมูลแปลความหมายข้อมูลและประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้	-
	8. พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการ สำรวจตรวจสอบ	-
	9. นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง	-
	10. ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง	-

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	11. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่	-
	12. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	-

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ใช้เวลาเรียน 40 ชั่วโมง (2 ชั่วโมง/สัปดาห์) จำนวน 1.0 หน่วยกิต มี 19 ตัวชี้วัด รายละเอียด ดังนี้

ศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับความหมายของฟิสิกส์ ขอบเขตวิชาฟิสิกส์ ปริมาณกายภาพ ปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์ หน่วยเอสไอ การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ กราฟ การอธิบายความหมายข้อมูลทางฟิสิกส์ ธรรมชาติของแรง ชนิดของแรง สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า สนามโน้มถ่วง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว อัตราเร่ง ความเร่ง การเคลื่อนที่ในแนวตรง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การใช้สารสนเทศ การจัดกระทำข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล การอภิปรายและการนำเสนอผลงาน

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม ค่านิยมที่เหมาะสม ใช้ชีวิตอย่างพอเพียงและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข

หน่วยการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับหน่วยการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 2.4 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**ธรรมชาติของฟิสิกส์และการวัด** - ความหมายและขอบเขตวิชาฟิสิกส์ - ปริมาณทางฟิสิกส์ - หน่วยวัดทางฟิสิกส์ - การวัดปริมาณทางฟิสิกส์ - เลขนัยสำคัญ - การนำเสนอข้อมูลทางฟิสิกส์ - ฟิสิกส์กับชีวิตประจำวัน	ว 8.1 ม.4-6/1-12	10	25
2	**แรงและชนิดของแรง** - ธรรมชาติของแรง - ชนิดของแรง - แรงธรรมชาติ - แรงชนิดอื่นและการใช้ประโยชน์ - เวกเตอร์ของแรง	ว 4.1 ม. 4-6/1-4, ว 8.1 ม.4-6/1-12	10	25
3	**ปริมาณของการเคลื่อนที่** - ระยะทางและการกระจัด - อัตราเร็วและความเร็ว - อัตราเร่งและความเร่ง - กราฟของการเคลื่อนที่ - สมการของการเคลื่อนที่	ว 4.2 ม. 4-6/1, ว 8.1 ม.4-6/1-12	10	25
4	**การเคลื่อนที่ของวัตถุ** - การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ - กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	ว 4.2 ม. 4-6/2-3, ว 8.1 ม.4-6/1-12	10	25
	รวมเวลาเรียนตลอดภาค		**40**	**100**

จากการศึกษาตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐานที่ ว 4.1 มาตรฐานที่ ว.4.2 สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐานที่ ว 8.1 รวมทั้งหมด 19 ตัวชี้วัด คำอธิบายรายวิชาและหน่วยการเรียนรู้ของรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องมีความรู้และประสบการณ์เดิมในการสืบค้น ทดลอง อธิบายและนำเสนอผลการเรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง แรงกิริยา แรงปฏิกิริยา และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง แล้วมาเรียนรู้เพิ่มเติมโดยใช้การสืบค้น สังเกต อธิบาย อภิปราย ทดลอง จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้นักเรียนสามารถนำเสนอผลการเรียนรู้ในรูปแบบของการเข้าร่วมกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน เพื่อคัดเลือกเป็นตัวแทนไปแข่งขันในงานมหกรรมวิชาการมัธยมศึกษาหรือระดับอื่นๆ ต่อไป ฉะนั้นในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ มีตัวชี้วัด สาระแกนกลางที่หลักสูตรกำหนด และสาระการเรียนรู้ท้องถิ่น (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดบูรณาการ สาระการเรียนรู้แกนกลางและสาระการเรียนรู้ท้องถิ่นที่นำมาใช้ในวิจัย

ตัวชี้วัดบูรณาการ	สาระการเรียนรู้แกนกลาง (ตามหลักสูตรฯกำหนด)	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น (สถานศึกษากำหนด)
1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม.4-6/1) 2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม.4-6/2) 3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม.4-6/3) 4. เข้าร่วมกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียนแล้วจัดแสดงผลงานหรือเขียนรายงานการเข้าร่วมกิจกรรมการแข่งขัน จรวดขวดน้ำให้ผู้อื่นเข้าใจ (ว 8.1 ม.4-6/1-12)	1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่มีความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวดิ่ง คงตัว 2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การเล่นเทนนิส บาสเกตบอล	1. กิจกรรมที่ 1 เรื่อง การวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด 2. กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ 3. กิจกรรมที่ 3 เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำของโรงเรียน 4. กิจกรรมที่ 4 เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำของหน่วยงานอื่นๆ

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้

ทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้หรือทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง หรือทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเองหรือทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory หรือ Constructivism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญาและมานุษวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากจิตวิทยาด้านปัญญา (Cognitive Psychology) ซึ่งอธิบายการได้มาซึ่งความรู้และนำความรู้นั้นเป็นของตนเอง สำหรับแนวคิดในการเรียนรู้เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีผู้สนใจศึกษาทฤษฎีนี้กันมากมายหลายท่านและได้ให้ทรรศนะเกี่ยวกับหลักการสำคัญของทฤษฎีนี้ ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ ได้เสนอทรรศนะตามแนวทางของดิวอี้ (Dewey) บรูเนอร์ (Bruner) และออซูเบล (Ausubel) ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ได้ การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่กับโครงสร้างของความรู้เดิมที่มีอยู่จัดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) แต่การเรียนรู้ที่ผู้เรียนไม่สามารถนำสิ่งใหม่ไปสัมพันธ์กับความรู้เดิมได้จัดเป็นการเรียนรู้อย่างไร้ความหมาย หรือการเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote Learning) ผู้เรียนต้องเรียนรู้ควบคู่ไปกับการกระทำ (Learning by doing) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ประสบการณ์ที่เคยมีมาก่อนจะมีบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องมีการทำความเข้าใจความรู้ใหม่ ลำพังวุฒิภาวะอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการพัฒนาโครงสร้างความรู้ใหม่ แต่ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น พัฒนาการด้านภาษาและประสบการณ์เดิมมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความเจริญงอกงามทางสติปัญญา การเรียนรู้เป็นความพยายามเชิงสังคม จากแนวคิดนี้จึงเป็นที่มาของรูปแบบการเรียนการสอนที่เรียกว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ซึ่งเน้นความสำคัญของการสร้างความรู้โดยกลุ่มคนในสังคม (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2546, 127-128)

ทิศนา แขมมณี เสนอแนวคิดตามแนวทางของเพียเจต์ (Piaget) วีก๊อทสกี้ (Vygotsky) และโจแนสเซน (Jonassen) ว่าพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซับหรือดูดซับ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สัมพันธ์กันจะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งคนทุกคนจะมีการพัฒนาปัญญาไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์ที่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและทางสังคมจากสถาบันครอบครัว การสร้างความรู้จะให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่างๆ ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มนี้ถือว่าสมองเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดเราสามารถใช้ในการแปลความหมายของปรากฏการณ์ เหตุการณ์และสิ่งต่างๆ ในโลกนี้ การแปลความหมายดังกล่าวเป็นได้

ทั้งเรื่องที่เป็นส่วนตัว (Personal) และเฉพาะตัว (Individualistic) เพราะการแปลความหมายของแต่ละบุคคลขึ้นกับ การรับรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความต้องการ ความสนใจและภูมิหลังของแต่ละบุคคล ซึ่งแตกต่างกัน (ทิศนา แขมมณี, 2547, 94 - 95)

นั่นคือ การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นกระบวนการในการ "Action on" ไม่ใช่ "Taking in" กล่าวคือ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจัดกระทำกับข้อมูลไม่ใช่เพียงรับข้อมูลเข้ามา และนอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมอง (Internal mental interaction) แล้วยังเป็นกระบวนการทางสังคมอีกด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป

จากแนวความคิดของนักการศึกษาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้สร้างแนวความคิดด้วยตนเอง ซึ่งเกิดจากการนำความรู้พื้นฐานประสบการณ์เดิม มาทำความเข้าใจผสมผสานความรู้เก่ากับความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงแล้วสร้างองค์ความรู้ใหม่เป็นความรู้ของตนเอง จนสามารถถ่ายทอดกระบวนการหรือวิธีการสร้างความรู้ความเข้าใจสู่กลุ่มคนในสังคม เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถใช้แปลความหมายปรากฏการณ์ เหตุการณ์และสิ่งต่างๆ ภายใต้การรับรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความต้องการ ความสนใจและภูมิหลังของตนเองได้อย่างสมดุล

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง อาศัยแนวคิดหลักว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการต่างๆ กัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่และแรงจูงใจภายในเป็นพื้นฐานมากกว่าการอาศัยแต่เพียงการรับรู้ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมหรือได้รับการสอนจากภายนอกเท่านั้น และความขัดแย้งทางปัญญาที่เกิดจากการที่บุคคลเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่สามารถแก้หรืออธิบายได้ด้วยโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ หรือจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเป็นแรงจูงใจให้เกิดการไตร่ตรอง นำไปสู่โครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือขจัดความขัดแย้งทางปัญญาได้และใช้เป็นเครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์เฉพาะอื่นๆ ที่อยู่ในกรอบของโครงสร้างนั้นได้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา (อุมาวิชนีย์ อาจพรม, 2546, 35)

นอกจากนี้ครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (ศักดา เดชมา, 2549, 25) โดยจัดกิจกรรม ดังนี้

1. จัดให้มีการใช้คำถามและความคิดของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่บทเรียน
2. ควรมีการยอมรับและสนับสนุนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียน
3. สนับสนุนความเป็นผู้นำของนักเรียน จัดให้มีการทำงานร่วมกัน การจัดกระทำข้อมูลข่าวสารและลงมือทำตามผลที่เกิดจากการเรียนรู้
4. จัดให้มีการใช้ความคิด ประสบการณ์และความสนใจของผู้เรียน
5. จัดให้มีการใช้คำถามทั้งปลายเปิดและปลายปิด สนับสนุนให้ผู้เรียนตั้งคำถามและตอบคำถามด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล

6. สนับสนุนให้มีการทดสอบแนวความคิดของผู้เรียนที่เกิดจากการตอบคำถาม การคาดคะเน และการทำนายผล

7. จัดให้มีการหาทางออกหรือแนวทางแก้ปัญหาตามความคิดของผู้เรียน ก่อนที่ครูผู้สอนจะเสนอแนวความคิดของตนเอง

8. ในการเรียนรู้ควรมีการร่วมมือกันโดยเน้นที่การทำงานร่วมกัน การยอมรับซึ่งกันและกันและมีการแบ่งงานกันทำ

9. จัดให้มีเวลาเพียงพอกับการคิดและวิเคราะห์ปัญหา

ทิศนา แขมมณี (2547, 94 – 95) ได้กล่าวถึงการนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองไปใช้ในการเรียนการสอน สามารถทำได้หลายประการดังนี้

1. เป้าหมายการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง (Authentic tasks) ครูจะต้องเป็นตัวอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเห็น ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนรับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัวไปสู่การสาธิตกระบวน การแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่างๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาจริงได้

3. ในการเรียนการสอนผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งแวดล้อมนั้นด้วยตนเอง โดยการให้ผู้เรียนอยู่ในบริบทจริง ซึ่งไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนจะต้องออกไปยังสถานที่จริงเสมอไป แต่อาจจัดเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่างๆ ที่เป็นของจริงและมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้นๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้น ดังนั้น ความเข้าใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิด การจัดกระทำกับข้อมูลมิใช่เกิดขึ้นได้ง่าย ๆ จากการได้รับข้อมูลหรือมีข้อมูลเพียงพอเท่านั้น

4. ในการจัดการเรียนการสอน ครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรมให้เกิดขึ้น กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ เพราะลำพังกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายที่ครูจัดให้หรือผู้เรียนแสวงหามาเพื่อการเรียนรู้ไม่เป็นการเพียงพอ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่นๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้น ซับซ้อนขึ้นและหลากหลายขึ้น

5. ในการเรียนการสอน ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่นผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง ตกลงกันเองเมื่อเกิดความขัดแย้งหรือมีความคิดเห็นแตกต่างกัน เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน

6. ในการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง ครูจะมีบทบาทไปจากเดิม คือ จากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ เปลี่ยนไปเป็นให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ คือ เปลี่ยนจาก "การให้ความรู้" ไปเป็น "การให้ผู้เรียนสร้างความรู้" บทบาทของครู คือ จะต้องทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่ผู้เรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของผู้เรียน ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้คำปรึกษาแนะนำทั้งทางด้านวิชาการและด้านสังคมแก่ผู้เรียน ดูแลให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหา และประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนั้น ครูยังต้องมีความเป็นประชาธิปไตยและมีเหตุผลในการสัมพันธ์กับผู้เรียนด้วย

7. ในด้านการประเมินการเรียนการสอน เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้ ขึ้นกับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของบุคคล ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะที่หลากหลาย ดังนั้นการประเมินผลจำเป็นต้องประเมินตามจุดมุ่งหมายในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล ใช้วิธีการที่หลากหลาย การวัดผลจะต้องใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริง หากจำเป็นต้องจำลองของจริงมาก็สามารถทำได้ แต่เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกของความเป็นจริง (Real world criteria) ด้วย

คำอุ่น เพชรนาทและคณะ (2550, 41) ได้เสนอแนะการนำทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ว่าการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่ใช้การท่องจำข้อมูล แต่เป็นการแสวงหาความหมายโดยการปรับโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับโลกภายนอก เพื่อให้เกิดสภาพดังกล่าว ผู้เรียนต้องได้รับประสบการณ์ทางประสาทสัมผัสจำนวนมากและมีโอกาสที่จะปรับภาวะไม่สมดุลที่เกิดขึ้น ลักษณะการสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ควรประกอบด้วย

1. การลงมือปฏิบัติ (Hands on, Investigation labs) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจะได้ผลมากกว่าการสังเกต หรืออ่านเอกสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ แต่มีสิ่งที่น่าสังเกต คือ กิจกรรมปฏิบัติการไม่ใช้จะมีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายเสมอไป การทดลองปฏิบัติการแบบดั้งเดิมที่เป็นการยืนยันข้อเท็จจริงตามแนวทางที่มีผู้กำหนดให้ผู้เรียนไม่ได้คิดออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนมักไม่ได้ประสบการณ์ของภาวะไม่สมดุล เพราะผู้เรียนไม่ได้ใช้โครงสร้างทางปัญญาของตนในการคาดคะเนเกี่ยวสิ่งที่สังเกตเห็น ส่วนการทดลองแบบสืบเสาะ (Investigative, Inquiry approach) ผู้เรียนได้ใช้โครงสร้างทางปัญญาในการกำหนดความคาดหวังเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกต ผู้เรียนมีโอกาสออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบ วางแผนการสังเกต ทำให้เกิดภาวะการดูดซึมของสิ่งแวดล้อมภายนอกและเกิดภาวะไม่สมดุลทำให้มีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนความคิดได้

2. การมีส่วนร่วมในการใช้ความคิด (Active cognitive involvement) จัดสภาพห้องเรียนให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดด้วยตนเอง กิจกรรมที่เน้นการคิดได้แก่ การคิดแบบออกเสียง (Thinking out loud) การหาคำอธิบาย การตีความหมายข้อมูล การโต้เถียงเชิงสร้างสรรค์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา การกำหนดสมมติฐานที่หลากหลาย การออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน การเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้

3. การทำงานกลุ่ม (Group work) เป็นการจัดให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม จะช่วยกระตุ้นกิจกรรมทางความคิดระดับสูงในระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้มากกว่าการให้ฟังบรรยาย ซึ่งทำให้มีโอกาสเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาได้

4. การประเมินผลระดับสูง (Higher -level assessment) เป็นการประเมินที่ใช้แบบทดสอบที่เน้นกิจกรรมการคิดระดับสูง จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้สรรค์สร้างความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น

ฉะนั้นกล่าวโดยสรุปว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจาก "การให้ความรู้" เป็น "การให้ผู้เรียนสร้างความรู้" ครูต้องจัดการเรียนการสอนให้ตรงตามตัวชี้วัด สาระแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้ สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน สร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่ผู้เรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยบริบท กิจกรรมและงานที่เป็นจริง ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีการร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่นๆ ให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ ให้ผู้เรียนเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง ตกลงกันเอง เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ร่วมกัน ทั้งนี้ครูต้องพร้อมให้คำปรึกษาแนะนำทั้งทางด้านวิชาการและด้านสังคมแก่ผู้เรียน ดูแลให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหา ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล โดยใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริง หรือกรณีที่จำเป็นต้องจำลองของจริงมา เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกของความเป็นจริง นอกจากนี้ ครูยังต้องมีความเป็นประชาธิปไตยและมีเหตุผลในการสัมพันธ์กับผู้เรียนด้วย

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยหลักการสอน 3S + I

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 เป็นการศึกษาในยุคที่เน้นรูปแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Learning community) การศึกษาเพื่อปวงชน (Education for all) การร่วมมือจากปวงชน (All of education) เป็นการศึกษาที่เน้นการเรียนวิธีการเรียนรู้ (Learn how to learn) เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือและแบบร่วมกัน (Co - operative and collaborative learning) เพื่อให้คนมีปัญญา ให้ผู้เรียนสร้างความรู้เอง ให้มีความรู้ด้านภาษาที่จะสื่อสารในระดับสากล รู้กฎธรรมชาติ รู้วิธีการคิด รู้เรื่องการวิจัยและพัฒนาเป็นคนดี มีคุณธรรม มีค่านิยมต่อสังคม มีสุขภาพแข็งแรง เน้นความเป็นมาตรฐานการผลิตทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นที่ยอมรับในระดับสากล ซึ่งโรงเรียนต้องจัดการศึกษาอย่างมีมาตรฐานในการประเมินภายในสู่การประกันคุณภาพ รองรับการประเมินคุณภาพจากสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) หรือสมศ. ให้ครอบคลุม 4 ด้านคือ 1) มาตรฐานที่ว่าด้วยผลการศึกษาในแต่ละระดับและประเภทการศึกษา 2) มาตรฐานว่าด้วยการบริหารจัดการศึกษา 3) มาตรฐานที่ว่าด้วยการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และ 4) มาตรฐานที่ว่าด้วยการประกันคุณภาพภายใน ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องสามารถจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ

ตารางที่ 2.6 สเกลการสอนแสดงบทบาทนักเรียนในการเรียนรู้ของแอนเดอร์สันและคณะ

สเกลที่	วิธีสอน	บทบาทของนักเรียน									
1	วิธีบรรยาย	✓									
2	วิธีให้แนวทางหรือบอกให้ทำ	✓	✓								
3	วิธีถามคำถามขั้นต่ำ	✓	✓	✓							
4	วิธีการสาธิต	✓	✓	✓	✓						
5	วิธีการให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง	✓	✓	✓	✓	✓					
6	วิธีถามคำถามขั้นสูง	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
7	วิธีตอบสนองของครู	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
8	วิธีให้คำแนะนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
9	วิธีสืบเสาะหาความรู้โดยครูเป็นผู้วางแผนให้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	วิธีสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ในปัจจุบันครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หลายคนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) ดังนี้

1. การสอนโดยใช้รูปแบบการเรียน 5E คือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
2. การสอนวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องควรเป็นการสอนแบบสืบเสาะความรู้
3. การสืบเสาะหาความรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและสำรวจตรวจสอบตามคำถามที่ตั้งไว้
4. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือการให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรม (Hands-on activity)
5. ความสนใจของนักเรียนในการทำกิจกรรมเป็นตัวบ่งชี้ว่าเกิดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
6. การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมากกว่าการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

โดยความเป็นจริงแล้ว การสืบเสาะหาความรู้ตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ (National Science Education Standards) ของสภาวิจัยแห่งชาติ (กุศลิน มุสิกุล, 2554, 8 -13) ประเทศสหรัฐอมริกาได้นิยามของ "การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์" (Science inquiry) คือ วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและนำเสนอผลการศึกษานั้นตามข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ จึงหมายถึงการให้นักเรียนได้มี

ส่วนร่วมในการเรียนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ รวมไปถึงความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ บนโลกนี้ได้อย่างไร เพราะนักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการคิดที่หลากหลายคล้ายกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าปรากฏการณ์ต่างๆ บนโลก สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่ครูเป็นผู้กำหนดการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนเพื่อตรวจสอบยืนยันในสิ่งที่รู้มาแล้วไปจนถึงการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการสำรวจตรวจสอบอย่างอิสระ ซึ่งมีลักษณะจำเป็น 5 ประการ คือ 1) นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนให้ความสำคัญในการอธิบายและประเมินคำอธิบายข้อมูลหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 3) นักเรียนมีการอธิบายสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐานหรือข้อมูล 4) นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 5) นักเรียนสื่อสารหรือนำเสนอผลการค้นพบของตนเองโดยครูและนักเรียนจะมีบทบาทร่วมกันในการเรียนรู้ (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.7 ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้

	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
ลักษณะจำเป็น	มาก ← ปริมาณการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียน → น้อย น้อย ← ปริมาณการชี้นำโดยครูหรือสื่อการเรียนรู้ → มาก			
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม	นักเรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่จากรายการคำถาม	นักเรียนพิจารณาและปรับคำถามที่ผู้สอนถามหรือคำถามจากแหล่งอื่นๆ	นักเรียนสนใจคำถามจากสื่อการเรียนรู้หรือแหล่งอื่นๆ
2. นักเรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนกำหนดข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามและรวบรวมข้อมูล	นักเรียนได้รับการชี้นำในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	นักเรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำวิเคราะห์	นักเรียนได้รับข้อมูลและการบอกเล่าเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

ลักษณะจำเป็น	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
	มาก ← ปริมาณการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียน → น้อย น้อย ← ปริมาณการชี้นำโดยครูหรือสื่อการเรียนรู้ → มาก			
3. นักเรียนมีการอธิบายสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐานหรือข้อมูล	นักเรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาหลังจากรวบรวมและสรุปข้อมูล/หลักฐาน	นักเรียนได้รับการชี้แนะเพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	นักเรียนรับแนวทางเพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	นักเรียนได้รับหลักฐานหรือข้อมูล
4. นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนตรวจสอบแหล่งข้อมูลอื่นและเชื่อมโยงกับคำอธิบายที่สร้างไว้	นักเรียนได้รับการชี้นำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและขอบเขตความรู้ทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนได้รับการแนะนำถึงความเชื่อมโยงที่เป็นไปได้	นักเรียนได้เชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นไปได้
5. นักเรียนสื่อสารหรือนำเสนอผลการค้นพบของตนเอง	นักเรียนสร้างข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลและมีหลักการเพื่อสื่อสารคำอธิบาย	นักเรียนได้รับการฝึกฝนในการพัฒนาวิธีการสื่อสาร	นักเรียนได้รับแนวทางกว้างๆ สำหรับการสื่อสารที่ชัดเจนตรงประเด็น	นักเรียนได้รับคำแนะนำถึงขั้นตอนและวิธีการสื่อสาร

ฉะนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจาก "การให้ความรู้" เป็น "การให้ผู้เรียนสร้างความรู้" และต้องจัดการเรียนการสอนให้ตรงตามตัวชี้วัด สาระแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน จึงกำหนดระดับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองให้มากที่สุด และค่อยๆ เพิ่มบทบาทครู หากนักเรียนไม่สามารถมีความรู้หรือเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

1. ระดับ 5 ดีเยี่ยม หมายถึงระดับการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาสำเร็จ ติวเพื่อน เป็นแบบอย่างที่ดี ซึ่งครูได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ร้อยละ 90 และครูมีปริมาณการชี้นำร้อยละ 10 คือ

1.1 ครูแนะนำหน่วยการเรียนรู้ แผนการวัดและประเมินผล ตกลงกติกา

1.2 นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

1.3 นักเรียนนำคู่มือ หนังสือ เอกสารต่างๆ ที่สงสัย ทำไม่ได้ มาสอบถามเพิ่มเติม

1.4 นักเรียนส่งงานครบตามตัวชี้วัด ตามแผนการวัดและประเมินผล และทำแฟ้มสะสมงาน

2. ระดับ 4 ดี หมายถึงระดับการเรียนรู้ที่ครูให้แนวทางแล้วนักเรียนสามารถเรียนรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาสำเร็จ ติวเพื่อน เป็นแบบอย่างที่ดี ซึ่งครูได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองร้อยละ 80 และครูมีปริมาณการชี้นำร้อยละ 20 คือ

2.1 ครูแนะนำหน่วยการเรียนรู้ แผนการวัดและประเมินผล ตกลงกติกา

2.2 ครูแนะนำแนวทางการเรียนรู้

2.3 นักเรียนนำคู่มือ หนังสือ เอกสารต่าง ๆ ที่สงสัย ทำไม่ได้ มาสอบถามเพิ่มเติม

2.4 นักเรียนเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้

2.5 นักเรียนส่งงานครบตามตัวชี้วัด ตามแผนการวัดและประเมินผล

2.6 นักเรียนทำแฟ้มสะสมงาน

3 ระดับ 3 ปานกลาง หมายถึงระดับการเรียนรู้ที่ครูร่วมคิดแล้วนักเรียนสามารถเรียนรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาสำเร็จ ติวเพื่อน เป็นแบบอย่างที่ดี ซึ่งครูได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองร้อยละ 70 และครูมีปริมาณการชี้นำร้อยละ 30 คือ

3.1 ครูแนะนำหน่วยการเรียนรู้ แผนการวัดและประเมินผล ตกลงกติกา

3.2 ครูแนะนำแนวทางการเรียนรู้และกระตุ้นให้นักเรียนนำคู่มือ หนังสือ เอกสารต่างๆ ที่สงสัย ทำไม่ได้ มาสอบถามเพิ่มเติม

3.3 ครูยกตัวอย่างชิ้นงาน ชี้แนะ ให้คำปรึกษา นักเรียนเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้ ตามตัวอย่างชิ้นงาน คำชี้แนะ คำปรึกษา

3.4 ครูกำหนดการส่งงาน นักเรียนส่งงานครบตามตัวชี้วัด ตามแผนการวัดและประเมินผล

3.5 นักเรียนทำแฟ้มสะสมงาน

4 ระดับ 2 พอใช้ หมายถึงระดับการเรียนรู้ที่ครูคิดให้แล้วนักเรียนสามารถเรียนรู้ คิดเองได้ ทำเองได้ แก้ปัญหาได้ สามารถรับฟังเพื่อนและบอกต่อได้ ซึ่งครูได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองร้อยละ 60 และครูมีปริมาณการชี้นำร้อยละ 40 คือ

4.1 ครูแนะนำหน่วยการเรียนรู้ แผนการวัดและประเมินผล ตกลงกติกา

4.2 ครูแนะนำแนวทางการเรียนรู้และกำกับให้นักเรียนนำคู่มือ หนังสือ เอกสารต่างๆ ที่สงสัย ทำไม่ได้ พร้อมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนมาสอบถามเพิ่มเติม

4.3 ครูเตรียมตัวอย่าง ชิ้นงาน เอกสาร สาธิต และให้นักเรียนทำตาม ให้คำแนะนำเพิ่มเติม

4.4 ครูกำกับให้นักเรียนเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้ ตามตัวอย่างชิ้นงาน เอกสาร

4.5 ครูกำหนดการส่งงาน ตรวจสอบการทำงาน นักเรียนจึงส่งงานครบตามตัวชี้วัด ตามแผนการวัดและประเมินผล

4.6 นักเรียนทำแฟ้มสะสมงาน

5. ระดับ 1 ต้องปรับปรุง หมายถึงระดับการเรียนรู้ที่ครูคิดให้ ทำให้ดู ร่วมแก้ปัญหา แล้วนักเรียนสามารถเรียนรู้ คิดเองได้ ทำเองได้ แก้ปัญหาได้ สามารถรับฟังเพื่อนและบอกต่อได้ โดยครูได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองร้อยละ 50 และครูมีปริมาณการชี้นำร้อยละ 50 คือ

5.1 ครูแนะนำหน่วยการเรียนรู้ แผนการวัดและประเมินผล ตกลงกติกา

5.2 ครูแนะนำแนวทางการเรียนรู้และกำกับให้นักเรียนนำคู่มือ หนังสือ เอกสารต่างๆ ที่สงสัย ทำไม่ได้ พร้อมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนมาสอบถามเพิ่มเติม

5.3 ครูเตรียมตัวอย่าง ชิ้นงาน เอกสาร สาธิต ให้นักเรียนทำตาม และให้คำแนะนำเพิ่มเติม

5.4 ครูกำกับให้นักเรียนเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้ ตามตัวอย่างชิ้นงาน เอกสาร สร้างเงื่อนไขในการเรียนรู้ ให้ดูตัวอย่างงานปัจจุบัน ให้ดัดแปลงงานปัจจุบันของเพื่อน และครูต้องกำกับให้นักเรียนทำ ให้เรียนรู้

5.5 ครูกำหนดการส่งงาน ทวงงาน ตรวจสอบการทำงาน สร้างเงื่อนไขในการส่งงาน นักเรียนจึงส่งงานครบตามตัวชี้วัด ตามแผนการวัดและประเมินผล และมีการปรับพฤติกรรมหลังการส่งงาน

5.6 ครูกำกับให้นักเรียนทำแฟ้มสะสมงาน

สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน โดยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพียงอย่างเดียว โดยครูไม่มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ตามลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ย่อมไม่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นครูจำเป็นต้องวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการผสมผสานขั้นตอนหรือกระบวนการอื่นๆ อย่างมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ การผสมผสานขั้นตอนต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เรียกว่าวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ซึ่งในปีพ.ศ. 2510 โรเบิร์ต คาร์พัลส์ (Robert Karplus) และคณะทำงานจาก Science Curriculum Improvement Study (SCIS) ได้เสนอวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์พัลส์ (Karplus learning cycle model) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (กุศลิน มุสิกุล, 2554, 14-15) คือ 1) การสำรวจและการค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่างๆ รอบตัว 2) การแนะนำความคิด (Concept introduction) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือครู หรือจากการอ่านหนังสือเรียน และ 3) การประยุกต์ใช้แนวคิด (Concept application) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2535 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน หรือเรียกย่อว่า 5E (5E Learning cycle) โดย 5 ขั้นนี้ (วิชัย มะธิปิไข, 2549, 32) ได้แก่

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

2. การสำรวจ (Exploration) ในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง สำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้น ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นอภิปรายในกลุ่มของตนเพื่อลงข้อสรุปให้เห็นถึงความเข้าใจทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวคิดหลักของตนเองในกรณีที่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักของตนเองที่เรียนมาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ต่อมาในปี พ.ศ. 2546 อิเสนคราฟท์ (Eisenkraft) (วิชัย มะธิปิไข, 2549, 33) ได้ขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักร 5 ขั้นตอน เป็น 7 ขั้นตอน เรียกย่อว่า 7E (7E Learning cycle) ซึ่งเพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และ 2) ขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension) เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ฉะนั้นการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นตอน หรือรูปแบบการเรียน 7E มีสาระสำคัญในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) เป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไหร่ จะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) ขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจ เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสารสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง จากแหล่งสืบค้นต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลออย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation phase) ในขั้นตอนนี้ เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากขั้นที่ 3 แล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่นบรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง วาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น ซึ่งการค้นพบนี้อาจเป็นไปได้ทั้งในทางที่สนับสนุนสมมติฐานที่วางไว้ หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่วางไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้แม้ว่าจะอยู่ในรูปใดก็ตาม สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ กิจกรรมนี้ส่วนใหญ่อาจเป็นอภิปรายในกลุ่มของตนเพื่อให้เห็นถึงความเข้าใจทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสเชื่อมโยงกับเรื่องราวต่างๆ สามารถปรับแนวคิดหลักของตนเองในกรณีที่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อนักเรียนจะสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ ที่เรียกว่า การถ่ายโอนการความรู้

สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบการเรียน 7E โดยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายละเอียด มีดังนี้

1. E1: Elicitation (ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม)
   1.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ
   1.2 นักเรียนเล่าและเปลี่ยนประสบการณ์ของตนเกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำให้เพื่อนฟัง
2. E2: Engagement (ขั้นสร้างความสนใจ)
   2.1 นักเรียนดูคลิปการแข่งขันจรวดขวดน้ำ การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำรูปแบบต่างๆ จากสื่ออินเทอร์เน็ต

2.2 นักเรียนดูตัวอย่างผลงานนักเรียนเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ เช่น จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ ภาพถ่าย - คลิปกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ รายงานกิจกรรม และโปสเตอร์นำเสนอผลงาน เป็นต้น

3. E3: Exploration (ขั้นสำรวจและค้นหา)

3.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ กลุ่มละ 3 – 5 คน

3.2 สมาชิกของกลุ่มร่วมมือกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์หรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ซีดีรอม ห้องสมุด วารสาร หนังสือ รุ่นพี่ ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น เกี่ยวกับการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

4. E4: Explanation (ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป)

4.1 สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมมือกันประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ทีมละ 1 ลำ

4.2 นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมที่ 1 เรื่องการวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลและรายงานกิจกรรม

4.4 นักเรียนอธิบายสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรมและอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ

5. E5: Elaboration (ขั้นขยายความรู้)

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 2 เรื่องการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลและรายงานกิจกรรม

6. E6: Evaluate (ขั้นประเมินผล)

6.1 สมาชิกของกลุ่มร่วมมือกันออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ กลุ่มละ 3 ประเภท คือ ประเภทความไกล ความแม่นยำและความสวยงาม

6.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 3 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำของโรงเรียน

6.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลและรายงานกิจกรรม

6.4 ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ

6.5 ประเมินความพึงพอใจในการเรียน

7. E7: Extension (ขั้นนำความรู้ไปใช้)

7.1 นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมที่ 4 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำของหน่วยงานอื่นๆ เช่น การแข่งขันจรวดขวดน้ำในงานมหกรรมวิชาการมัธยมศึกษา ประจำปี 2554 หรือการแข่งขันจรวดขวดน้ำระดับประเทศ ครั้งที่ 10 รอบคัดเลือก ภาคใต้ หรือเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำของหน่วยงานอื่นๆ

7.2 นักเรียนจัดกิจกรรมเผยแพร่ผลงานความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในงานวันวิชาการของโรงเรียนและงานอื่นๆ

มโนมติ (Concepts)

ความหมายของมโนมติ

คำว่า "Concepts" ในภาษาไทยนิยมใช้อยู่หลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนมติ มโนคติ มโนภาพ สังกัป เป็นต้น สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า "มโนมติ" และได้สรุปความหมายจากการศึกษาของยุทธพนธ์ พูลพุทธา (2547, 25-26) และวิชัย มะธิปิไข (2549, 17-21) จำแนกความหมายของมโนมติเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำแนกโดยใช้การมีประสบการณ์หรือจัดประเภทของวัตถุหรือเหตุการณ์เป็นเกณฑ์ มโนมติจึงเป็นแนวความคิด ความเข้าใจที่ได้รับจากประสบการณ์เพื่อใช้ในการจัดหรือกำหนดประเภทของวัตถุหรือเหตุการณ์ หรือหมายถึงความรู้ความเข้าใจของบุคคลแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือประสบการณ์ โดยอาศัยการสังเกตหรือประสบการณ์เดิม แล้วนำมาประมวลเป็นข้อสรุปในสิ่งนั้นเพื่อพรรณนาลักษณะ บอกความแตกต่างและจำแนกสิ่งนั้นได้

กลุ่มที่ 2 จำแนกโดยใช้ข้อสรุปของลักษณะหรือคุณลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ มโนมติจึงเป็นข้อสรุปของลักษณะสำคัญของกลุ่มความคิดหรือความจริงที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะสำคัญร่วมกันของปัจจัยต่างๆ จากกลุ่มความคิดหรือความจริงที่มีจำนวนมากกว่า หรือเป็นการจัดประเภทวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกันโดยอาศัยคุณลักษณะร่วมกันอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์ หรือ

กลุ่มที่ 3 จำแนกโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือคุณลักษณะที่ร่วมกันเป็นมโนมตินั้นเป็นเกณฑ์ มโนมติจึงเป็นแนวความคิด ภาพพจน์ของการกระทำหรือสิ่งของ ข้อสรุปเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน หรือเป็นการสังเคราะห์หรือสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการรวบรวมความรู้ต่างๆ เป็นหมวดหมู่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลมาจากจินตนาการ การหยั่งรู้และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

จากที่สรุปมาข้างต้นมโนมติในทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะร่วมกันของกลุ่มข้อความจริงมีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ชนิดหนึ่ง หรือเป็นข้อสรุปที่เป็นผลมาจากการมีประสบการณ์กับวัตถุปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงจำนวนหนึ่ง หรือเป็นผลมาจากการคิดแบบนามธรรมที่ใช้ประสบการณ์จำนวนมาก มโนมติไม่มีการถูกหรือการผิด แต่มีความสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ มโนมติมีประโยชน์ในการพยากรณ์และการแปลความหมาย ธรรมชาติของมโนมติอาจกำหนดได้จากกระบวนการ วิธีการที่ใช้ในการสร้างมโนมติ ส่วนมโนมติที่มีความไม่สมบูรณ์ อันเป็นผลมาจากการมีความรู้ไม่เพียงพอจะต้องถูกปรับปรุงแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ (ยุทธพนธ์ พูลพุทธา, 2547, 25-26)

องค์ประกอบของมโนมติ

ยุทธพนธ์ พูลพุทธา (2547, 26) ได้กำหนดองค์ประกอบของมโนมติ ดังต่อไปนี้

1 ชื่อ (Name) เป็นคำหรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่มหรือหมวดหมู่ของประสบการณ์ในลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก ตัวอย่างเช่น พืช สัตว์ เซลล์ เป็นต้น

2. ตัวอย่าง (Example) เป็นตัวอย่างของมโนมติ ในมโนมติหนึ่งๆ จะต้องมีตัวอย่างประกอบเสมอ ซึ่งจะมีคุณลักษณะที่ร่วมกันที่จัดหาวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นเข้าด้วยกัน

3. คุณลักษณะ (Attribule) หมายถึงคุณลักษณะที่สำคัญโดยทั่วๆ ไป ที่ใช้เป็นลักษณะร่วมกันหรือเป็นเกณฑ์ในการจัดสิ่งต่างๆ ให้เป็นกลุ่มหมวดหมู่เดียวกัน เช่น ลักษณะพันธ์ สี ขนาดของสุนัขเป็นคุณลักษณะที่ต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาร่วมกันทำให้แยกออกได้ว่า สุนัขนั้นต่างจากม้า วัว เป็นต้น

4. คุณค่าของคุณลักษณะ (Attribute value) ในการจำแนกสิ่งต่างๆ โดยใช้คุณลักษณะเฉพาะนั้น เราจะพบว่าคุณลักษณะเฉพาะบางอย่างมีคุณค่าหลายระดับ ซึ่งต้องพิจารณาระดับของคุณค่าของคุณลักษณะที่ใช้จัดเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ด้วยกัน เช่น สุนัขเป็นสัตว์เลี้ยงชนิดหนึ่งที่มีคุณลักษณะที่พิจารณาได้แก่ พันธุ์ สี ขนาด เป็นต้น ซึ่งคุณลักษณะ "พันธุ์" สามารถพิจารณาคุณค่าของคุณลักษณะได้หลากหลายคุณค่า เช่น พันธุ์หลังอาน พันธุ์ธรรมดา และสามารถพิจารณาคุณลักษณะได้อีกหลายระดับคุณค่า กล่าวคือ พิจารณาพันธุ์ธรรมดา แยกเป็นสีดำ สีแดง สีขาว เป็นต้น

5. กฎเกณฑ์ (Rule) คือการให้นิยามหรือข้อความที่สรุปลักษณะที่สำคัญหรือคุณค่าที่จำเป็นของมโนมติ ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสำคัญระหว่างคุณลักษณะหรือคุณค่าที่ร่วมกันเป็นมโนมตินั้น ตัวอย่างเช่น การปรุงอาหาร คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนหรือความเย็น

ประเภทของมโนมติ

ยุทธพนธ์ พูลพุทธา (2547, 27) และ วิชัย มะธิปิไข (2549, 20) ได้แบ่งประเภทของมโนมติเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนมติเชิงจำแนก (Classificational concepts) เป็นมโนมติที่เกิดจากข้อสรุปที่ได้มาจากการมีประสบการณ์ตรงกับธรรมชาติแล้วนำประสบการณ์เหล่านี้มาจัดเป็นประเภทเพื่อประโยชน์ในการพรรณนาปรากฏการณ์ธรรมชาติ มโนมติแบบนี้แสดงให้เห็นถึงการพรรณนาประสบการณ์ของมนุษย์ เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่มีร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ส่วนและมี 6 ขา เป็นต้น

2. มโนมติเชิงความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนมติที่เกิดจากข้อสรุปที่ได้มาจากประสบการณ์ตรงกับธรรมชาติ แล้วนำคุณลักษณะต่างๆ มาสร้างความสัมพันธ์ร่วมกันเพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์ มโนมติชนิดนี้แสดงให้เห็นถึงการพรรณนาประสบการณ์ของมนุษย์ เช่น แรง หมายถึง แรงฉุดหรือแรงผลักที่มีผลทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น

3. มโนมติเชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนมติที่ไม่ได้เกิดจากข้อสรุปที่ได้จากกรมีประสบการณ์ตรงกับธรรมชาติแต่อาศัยการสรุปจากแนวความคิดที่สร้างขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการอธิบายประสบการณ์ของมนุษย์เพื่อประโยชน์ในการอธิบายปรากฏการณ์ในรูปทฤษฎี ซึ่งอาจจะอยู่ในข้อความหรือสัญลักษณ์อื่นๆ เช่น อะตอม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีอนุภาคนิวตรอนและโปรตอน และมีอิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส เป็นต้น

ยุทธพนธ์ พูลพุทธา (2547, 27) และ วิชัย มะธิปิไข (2549, 20) ได้แบ่งประเภทของมโนมติเป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มา คือ

1. มโนมติรูปธรรม (Concrete concepts) หรือมโนมติเชิงสังเกต (Observed concepts) หมายถึงมโนมติที่บุคคลสามารถตอบสนองหรือมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับกลุ่มของวัตถุหรือเหตุการณ์ได้ เช่น ก้อนหิน สุนัข หนังสือ เป็นต้น

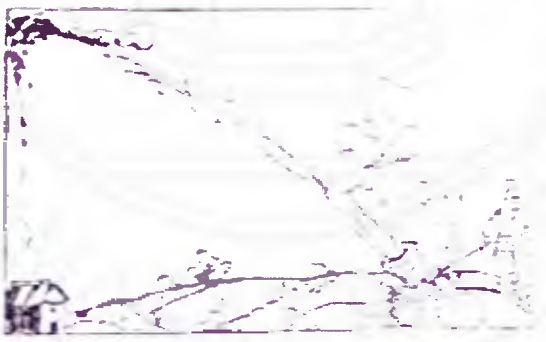
2. มโนมติเชิงนิยาม (Defined concepts) หรือมโนมติเชิงสัมพันธ์ (Relational concepts) หมายถึงมโนมติที่ได้จากการอ่านหรือการเรียนรู้จากการรวบรวมมโนมติรูปธรรมหลายๆ สิ่งเข้าด้วยกัน เช่น มวลสาร ปริมาตร แรง เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป มโนมติ คือความคิด ความรู้ ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลายๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปของเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้น หรือเกิดจากการนำข้อเท็จจริงหรือความรู้จากประสบการณ์อื่นๆ หลายๆ อย่างมาประกอบกัน แล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ซึ่งมโนมติเป็นความคิดความเข้าใจของแต่ละบุคคล แต่ละบุคคลย่อมมีมโนมติเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งแตกต่างกัน ขึ้นกับความรู้เดิม ประสบการณ์ที่มีอยู่ และวุฒิภาวะของบุคคลนั้นๆ

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ประวัติการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

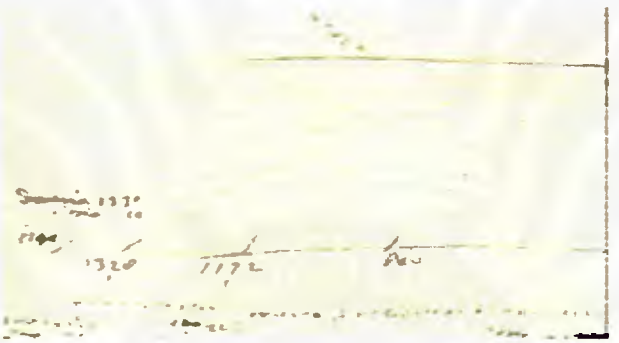
ในสมัยกรีกโบราณเชื่อตามทฤษฎีของอริสโตเติลที่ว่า ถ้ายิงวัตถุจากปืนใหญ่ (ภาพที่ 2.1) วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวที่ยิง และวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งความเร็วนั้นค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์ แล้ววัตถุจะตกลงมาอย่างรวดเร็วที่ตำแหน่งนั้น



ภาพที่ 2.1 ภาพวาดแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุขณะยิงด้วยปืนใหญ่

ที่มา : Thinkquest (2010, 1)

ต่อมาจากการสังเกตอย่างละเอียดของ Niccolo Tartaglia พบว่าแท้จริงแล้วการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นั้นมีแนวการเคลื่อนที่เป็นรูปโค้ง (ภาพที่ 2.2) ซึ่งในขณะนั้นไม่มีใครสามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะอะไร ต่อมากาลิเลโอเป็นคนแรกที่อธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้อย่างละเอียดว่าเป็นการเคลื่อนที่ 2 แนว พร้อมๆ กัน ถ้าจะศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจกไทล์ได้อย่างละเอียดนั้น ต้องแยกศึกษาส่วนประกอบในแนวราบ และในแนวดิ่งอย่างอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน โดยในแนวดิ่งจะมีแรงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 9.8 m/s^2 และในเวลาเดียวกับที่วัตถุถูกดึงลง วัตถุก็ยังคงเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยและยังพบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นรูปเรขาคณิต (ภาพที่ 2.2) ที่เรียกว่า "พาราโบลา"



ภาพที่ 2.2 แนวการเคลื่อนที่รูปโค้ง
ที่มา : Thinkquest (2010, 1)

ความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

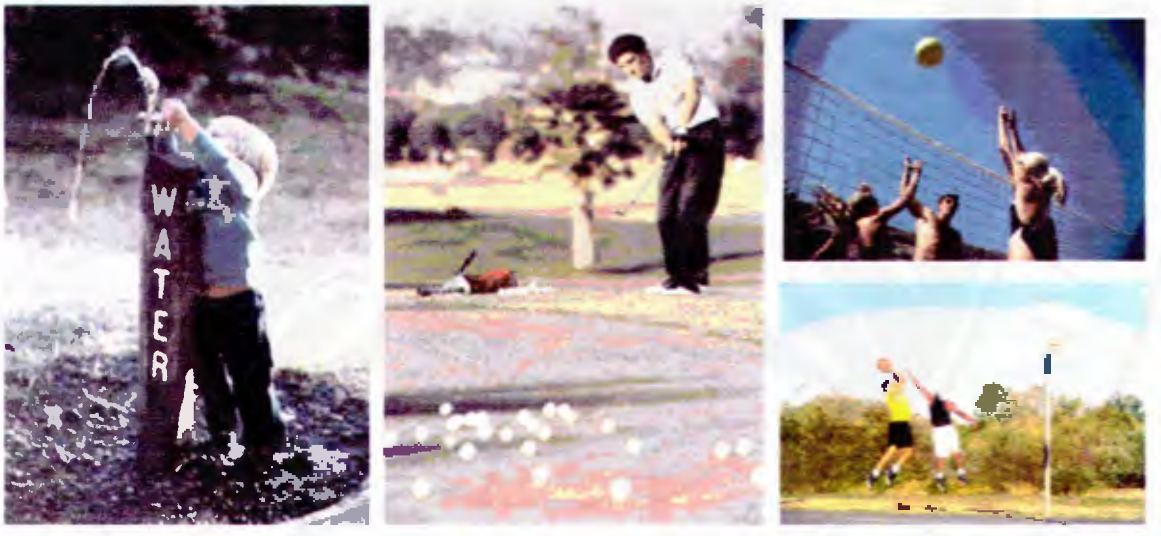
พัฒนชัย จันทร (2554, 27) กล่าวว่าการเคลื่อนที่วิถีโค้งของวัตถุ เกิดจากวัตถุมีแรงมากระทำในทิศทางซึ่งต่างจากแนวของความเร็วเริ่มต้น โดยความเร็วของวัตถุสามารถจำแนกได้ 2 ทิศทาง คือ ความเร็วของวัตถุในแนวดิ่งและความเร็วของวัตถุในแนวราบ เมื่อวัตถุเริ่มต้นเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุในแนวดิ่งเป็นศูนย์และความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจนกระทั่งวัตถุตกถึงพื้น ส่วนความเร็วของวัตถุในแนวราบเท่ากับความเร็วของวัตถุ ณ จุดเริ่มต้น คือวัตถุมีความเร็วคงตัวตลอดการเคลื่อนที่เนื่องจากวัตถุไม่มีแรงมากระทำในแนวระดับ ตัวอย่างของการเคลื่อนที่วิถีโค้ง เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion)

อรุณี เรืองวิเศษ (2554,16) กล่าวว่าการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ว่าเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ที่ทำให้วัตถุตกในแนวดิ่งเช่นเดียวกับการตกแบบอิสระของวัตถุ แต่การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์วัตถุจะเคลื่อนที่ตกลงสู่พื้นห่างจากตำแหน่งที่ตกในแนวระดับทำให้มีลักษณะการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนที่ในแนวระดับ และการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ที่เป็นอิสระต่อกัน แต่เกิดขึ้นพร้อมกัน ทำให้วัตถุ

เคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง โดยความเร็วในแนวดิ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวัตถุตกถึงพื้น เนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนความเร็วในแนวระดับจะมีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่

จากข้างต้นสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายใต้สนามโน้มถ่วงทำให้มีลักษณะการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนที่ในแนวระดับและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ที่เป็นอิสระต่อกัน แต่เกิดขึ้นพร้อมกัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง โดยความเร็วในแนวดิ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวัตถุตกถึงพื้น เนื่องมาจากแรงโน้มถ่วง ส่วนความเร็วในแนวระดับจะมีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่

หากวัตถุเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วงของโลก วัตถุก็จะมีการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยมีแรงที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำและแรงนั้นกระทำต่อวัตถุตลอดเวลาที่เคลื่อนที่ ทิศของแรงที่มากระทำต่อวัตถุ มีทิศทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ ทำให้แนวการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากเดิมเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา วัตถุมีการเคลื่อนที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมๆ กัน ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เช่น ดอกไม้ไฟ น้ำพุ การเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ถูกเตะขึ้นจากพื้น การเคลื่อนที่ของนักกระโดดไกล การขว้างวัตถุทำมุมใดๆ กับแนวระดับ หรือขว้างจากยอดตึกหรือหน้าผา เป็นต้น ซึ่งขณะที่วัตถุเคลื่อนที่จะมีแรงดึงดูดของโลกมากระทำต่อวัตถุนั้นตลอดเวลา (ภาพที่ 2.3)

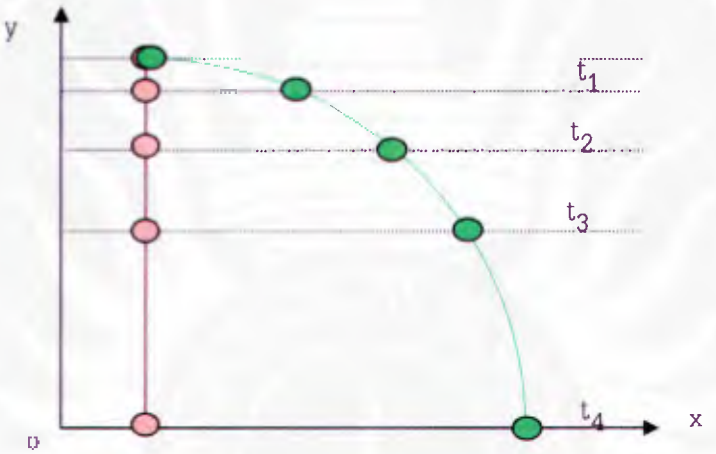


ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในชีวิตประจำวัน

ที่มา : Easern (2010, 1)

แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ถ้าพิจารณาความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จะพบว่าการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (แกน y) วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีค่าคงตัว g เนื่องจากทิศทางของความเร่งจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง มีทิศตรงข้ามกับทิศทางของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ $a_y = -g = -9.8\ m/s^2$ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับ (แกน x) เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเพราะไม่มีแรงลัพธ์ในแนวระดับมากระทำกับวัตถุ (ถ้าไม่คิดแรงต้านจากอากาศ) วัตถุจึงเคลื่อนที่โดยไม่มีความเร่ง $a_x = 0$ และวัตถุถึงพื้นพร้อมกันทุกกรณี (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับ ณ เวลาเดียวกัน

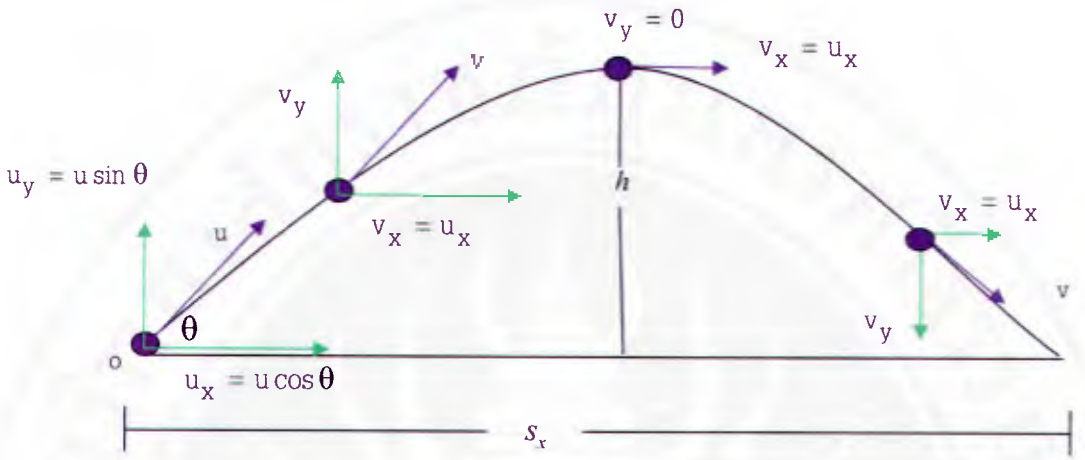
สมการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ 2 แนวที่เป็นอิสระต่อกัน จึงแยกคำนวณออกเป็น 2 แนว คือ

1. ในแนวระดับ จะไม่มีแรงใดๆ มากระทำขณะเคลื่อนที่ จึงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว สมการที่เกี่ยวข้องคือ $s_x = u_x t$

2. ในแนวดิ่ง จะมีแรงดึงดูดของโลกกระทำตลอดการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นสมการที่เกี่ยวข้องคือ $v_y = u_y + gt$, $s_y = u_y t + \frac{1}{2}gt^2$ และ $v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$

สำหรับการคำนวณหาค่าต่างๆ ใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่ง ดังกล่าวข้างต้น โดยพิจารณาจากสถานการณ์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุและความเร็วขณะเวลาใดๆ (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุและความเร็วขณะเวลาใดๆ

1. การหาระยะสูงสุดของวัตถุจากจุดเริ่มต้น (h)

พิจารณาในแนวดิ่ง จากสมการ $v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$ ที่จุดสูงสุด ความเร็วในแนวดิ่ง $u_y = 0$ แทนค่า จะได้

$$v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$$

$$0 = (u \sin \theta)^2 + 2(g)h$$

$$2gh = u^2 \sin 2\theta$$

$$\boxed{h = \frac{u^2 \sin 2\theta}{2g}}$$

2. การหาเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด (t)

พิจารณาในแนวดิ่ง จากสมการ $v_y = u_y + gt$ ที่จุดสูงสุด ความเร็วในแนวดิ่ง $v_y = 0$ แทนค่า จะได้

$$v_y = u_y + gt$$

$$0 = u \sin \theta + (g)t$$

$$gt = u \sin \theta$$

$$\boxed{t = \frac{u \sin \theta}{g}}$$

สำหรับเวลาที่วัตถุอยู่ในอากาศทั้งหมด คือ $\boxed{2t = \frac{2u \sin \theta}{g}}$

3. การหาระยะทางในแนวราบที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด ($s_{x\,max}$)

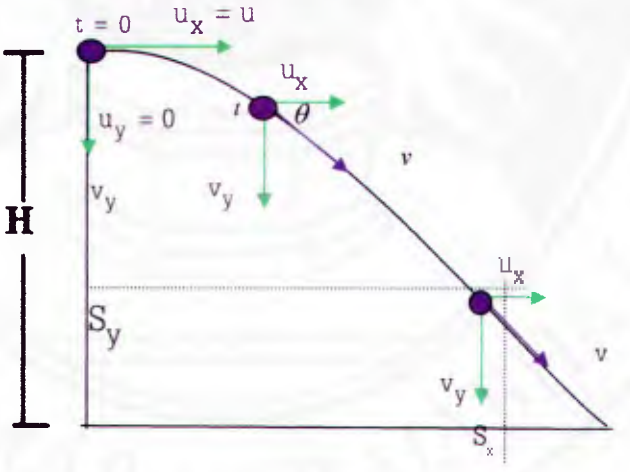
พิจารณาในแนวราบ จากสมการ $s_x = u_x t$

$$s_{x\,max} = (u\cos\theta)\ \frac{2u\sin\theta}{g}$$

$$s_{x\,max} = u^2\ \frac{2\sin\theta\cos\theta}{g}$$

$$\boxed{s_{x\,max} = \frac{u^2\sin 2\theta}{g}}$$

ในกรณีที่วัตถุมวล m ที่ถูกยิงออกไปด้วยความเร็วต้น u ในแนวระดับ $\theta = 0$ ที่ระดับความสูง H มีทิศลงในแนวดิ่ง เมื่อไม่คิดแรงพยุง หรือแรงต้านของอากาศ หากพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวระดับ $\Sigma F_x = 0$ ซึ่ง $a_x = 0$ วัตถุในแนวระดับจะมีความเร็วคงที่ คือ $u_x = u$ และในแนวดิ่ง $\Sigma F_y = mg$ โดยวัตถุจะมีความเร่งคงที่ $a_y = g$ และมีความเร็วต้นในแนวดิ่ง $u_y = 0$ ทำให้วัตถุมีความเร็วในแนวระดับ v_x และความเร็วในแนวดิ่ง v_y พร้อมกันทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ถูกยิงในแนวระดับ ความสูง H

1. การหาความเร็วของวัตถุขณะเวลาใดๆ $(\vec{v})$

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

หรือ $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

2. การกระจัดจากจุดเริ่มต้นขณะเวลาใด ๆ $(\vec{s})$

$$\vec{s} = \vec{s}_x + \vec{s}_y$$

หรือ $$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

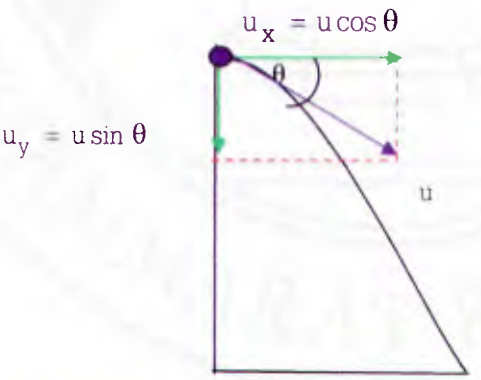
3. เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ทั้งหมด (t)

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

เมื่อ $u_y = 0$ แทนค่าจะได้ $$s_y = u_y (0) + \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2s_y}{g}}$$

ในกรณีที่วัตถุมีความเร็วต้น u ทำมุมก้มกับแนวระดับ θ แตกความเร็ว u ออกในแนวราบ u_x และในแนวดิ่ง u_y (ภาพที่ 2.7) จะได้ $u_x = u\cos\theta$ และ $u_y = u\sin\theta$



ภาพที่ 2.7 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ทำมุมก้มกับแนวระดับ

1. ความเร็วในแนวราบ(v_x)

ในแนวราบ $\Sigma F_x = 0, \quad a_x = 0$

ความเร็วในแนวราบจะคงที่ จาก $v_x = u_x$

จะได้ $v_x = u\cos\theta$

2. ความเร็วในแนวดิ่ง (v_y)

ในแนวดิ่ง $\Sigma F_y = mg, \quad a_y = g$

ความเร็วในแนวดิ่ง จาก $v_y = u_y + a_y t$

จะได้ $v_y = u\sin\theta + gt$

3. ขนาดของความเร็ว ($\vec{v}$)

จะได้ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

4. การกระจัด ($\vec{s}$) ของวัตถุในเวลาใด ๆ

จาก $s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$

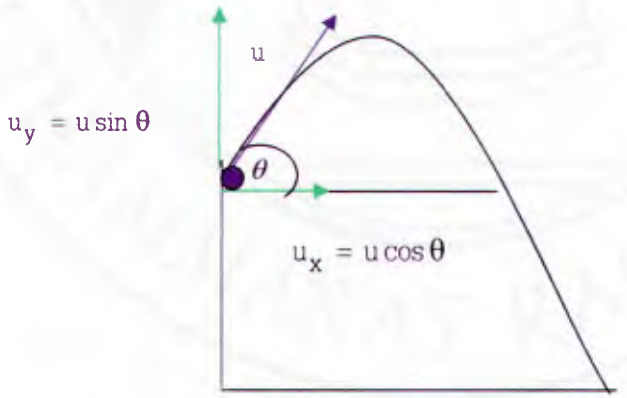
จะได้ $s_x = (u\cos\theta)t$

และ $s_y = (u\sin\theta)t + \frac{1}{2}gt^2$

5. เวลาที่วัตถุกระทบพื้น คิดได้จากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (t)

จะได้ $t = \sqrt{\frac{2u^2\sin 2\theta + 2gH}{g^2}} - \frac{u\sin\theta}{g^2}$

ในกรณีที่วัตถุมีความเร็วต้น u ทำมุมเงยกับแนวระดับ θ แตกความเร็ว u ออกในแนวราบ u_x และในแนวดิ่ง u_y จะได้ $u_x = u\cos\theta$ และ $u_y = u\sin\theta$ (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุที่ทำมุมเงยกับแนวระดับ

1. ความเร็วในแนวราบ (v_x)

ในแนวราบ $\Sigma F_x = 0, \quad a_x = 0$

ความเร็วในแนวราบจะคงที่ จาก $v_x = u_x$

จะได้ $v_x = u\cos\theta$

2. ความเร็วในแนวดิ่ง (v_y)

ในแนวดิ่ง $\Sigma F_y = mg, \quad a_y = g$

ความเร็วในแนวดิ่ง จาก $v_y = u_y - a_y t$

จะได้ $v_y = u\sin\theta - gt$

3. ความเร็ว ณ จุดสูงสุด

จาก $v_x = u\cos\theta$

จะได้ $v_y = 0$

4. ขนาดของความเร็ว ($\vec{v}$)

จะได้ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

5 การกระจัด ($\vec{s}$) ของวัตถุในเวลาใดๆ

จาก $s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$

จะได้ $s_x = (u\cos\theta)t$

และ $s_y = (u\sin\theta)t - \frac{1}{2}gt^2$

6. เวลาที่วัตถุกระทบพื้น คิดได้จากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (t)

จะได้ $$t = \sqrt{\frac{u^2\sin 2\theta + 2gH}{g^2}} + \frac{u\sin\theta}{g^2}$$

เมื่อ s_x แทนการกระจัดในแนวระดับ

s_y แทนการกระจัดในแนวดิ่ง

u_x แทนความเร็วต้นในแนวระดับ

u_y แทนความเร็วต้นในแนวดิ่ง

v_y แทนความเร็วใดๆ ในแนวดิ่ง

v_x แทนความเร็วใดๆ ในแนวระดับ

g แทนความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

t แทนเวลาในการเคลื่อนที่

θ แทนมุมที่ทำกับแนวระดับ

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ในการทดลองปฏิบัติการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีชุดทดลองที่บริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายนำมาเสนอขาย รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Trajectory Apparatus) รหัส 14-305 ของบริษัทแกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด ราคาชุดละ 400 บาท (ภาพที่ 2 9)

ภาพที่ 2.9 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
ที่มา : บริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด (2554, 1)

2. ชุดอุปกรณ์ทำอย่างไรจึงจะไปไกลที่สุด (Energy Demonstration) รหัส 14 – 0591 ของบริษัทแกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด ราคาชุดละ 450 บาท (ภาพที่ 2.10)

ภาพที่ 2.10 ชุดอุปกรณ์ทำอย่างไรจึงจะไปไกลที่สุด
ที่มา : บริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด (2554, 1)

3. เครื่องยิงวัตถุทำมุมต่างๆ (Projectile Apparatus I) รหัส 12-225 ของบริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นชุดทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมยิงวัตถุกับระยะตกของวัตถุในแนวราบ ปรับมุมได้ 0-90 องศา ยิงวัตถุโดยการดีดตัวของสปริง ประกอบด้วยฐานยิงวัตถุทำด้วยไม้ มีสเกลและเข็มชี้บอกมุมยิงวัตถุ ลำกล้องบรรจุกระสุนติดอยู่ปลายข้างหนึ่ง ราคาชุดละ 580 บาท (ภาพที่ 2.11)

ภาพที่ 2.11 เครื่องยิงวัตถุทำมุมต่างๆ
ที่มา : บริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด (2554, 1)

4. เครื่องยิงวัตถุ (Projectile Apparatus II) รหัส 12-230 ของบริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นชุดทองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในแนวราบ เมื่อออกแรงขนาดต่างๆ กัน โดยให้มุมยิงคงที่ ประกอบบนฐานไม้ $10 \times 20 \times 1$ cm และแผ่นไม้ยาว 30 cm ราคาชุดละ 45 บาท (ภาพที่ 2.12)

ภาพที่ 2.12 เครื่องยิงวัตถุ
ที่มา : บริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด (2554, 1)

5. ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบต่างๆ (Motion Demonstrator) รหัส 21485 ของบริษัท ทีชเทค จำกัด เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่แนวดิ่ง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เป็นต้น โดยใช้ระบบการเกิดจุดด้วยประจุไฟฟ้าไม่มีส่วนสัมผัสกับกระดาษเห็นผลการทดลองชัดเจน ราคาชุดละ 7,160 บาท (ภาพที่ 2.13)

ภาพที่ 2.13 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบต่างๆ
ที่มา : บริษัท ทีช เทค จำกัด (2554, 1)

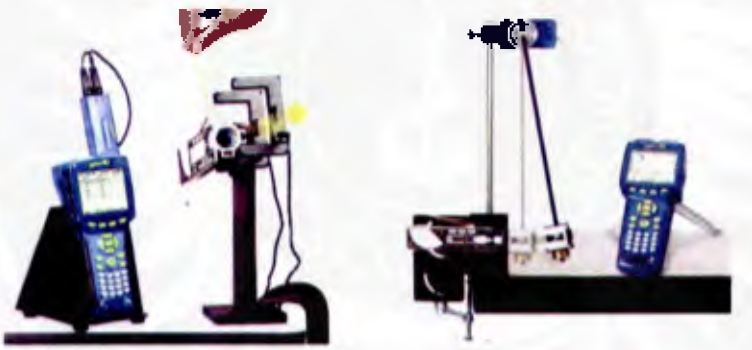
6. ชุดยิงและปล่อยวัตถุ (Second Law of Motion Demonstration Projectile) รหัส 21135 ของบริษัท ทีชเทค จำกัด ใช้ศึกษากฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยยิงวัตถุในแนวดิ่งและแนวราบ เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจน มีที่บอกมุมเอียงของแนวการยิง สามารถยิงวัตถุได้ทั้งแบบโพรเจกไทล์และปล่อยวัตถุแบบอิสระได้พร้อมกัน ทำให้เปรียบเทียบผลของการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบ และหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ได้ ราคาชุดละ 950 บาท (ภาพที่ 2.14)

ภาพที่ 2.14 ชุดยิงและปล่อยวัตถุ
ที่มา : บริษัท ทีช เทค จำกัด (2554, 1)

7. ชุดยิงวัตถุด้วยมุมต่างๆ (Projectile Launcher) รหัส 21148 ของบริษัท ทีชเทค จำกัด ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมยิงวัตถุกับระยะทางการตกของวัตถุ ด้ามจับถนัดมือ มีที่เก็บลูกปืนที่ด้ามกระบอก พร้อมจุดบอกมุมเอียงของแนวการยิง ราคาชุดละ 1,135 บาท (ภาพที่ 2.15)

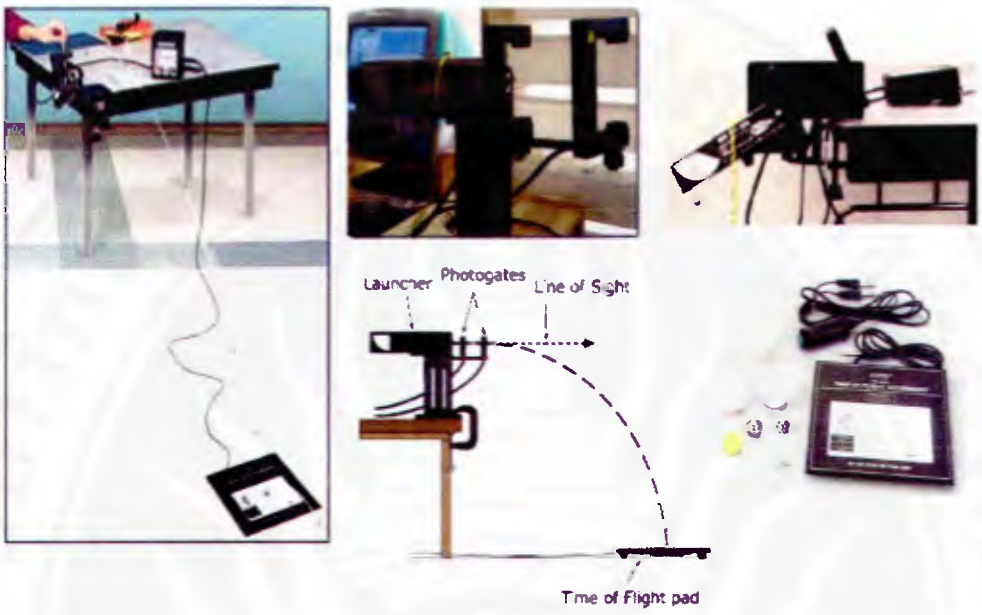
ภาพที่ 2.15 ชุดยิงวัตถุด้วยมุมต่างๆ
ที่มา : บริษัท ทีช เทค จำกัด (2554, 1)

8. ชุดเชื่อมต่อ Xplorer GLX รหัส PS-2002 ของ Pasco ตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย คือ บริษัท อิมพีเรียลเทคโนโลยี จำกัด เป็นชุดสำหรับเชื่อมต่อกับชุดทดลองต่างๆ สามารถบันทึกข้อมูล เขียนกราฟ และต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ได้ ราคาชุดละ 36,550 บาท (ภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 ชุดเชื่อมต่อ Xplorer GLX
ที่มา : Pasco (2010, 1)

9. ชุดการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile Motion) รหัส EX-9948 ของ Pasco ตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย คือ บริษัท อิมพีเรียลเทคโนโลยี จำกัด ชุดทดลองนี้ประกอบด้วย Mini Launcher รหัส ME-6825 1 ชุด Smart Timer รหัส ME-8930 1 ชุด Time of Flight Accessory รหัส ME-6810 1 ชุด Photogate Head รหัส ME-9498A 2 ชุด Photogate Bracket รหัส ME-6821 1 ชุด Universal Table Clamp รหัส ME-9376B 1 ชุด Carbon Paper รหัส SE-8693 1 ชุด และ Metric Measuring Tape รหัส SE-8712A 1 ชุด ราคาชุดละ 71,400 บาท (ภาพที่ 2.17)



ภาพที่ 2.17 ชุดการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
ที่มา : Pasco (2010, 1)

จากตัวอย่างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าชุดทดลองบางชุดจะมีราคาที่โรงเรียนสามารถจัดซื้อมาประกอบการเรียนการสอนได้ แต่ไม่สามารถทดลองได้หลากหลาย ไม่สามารถประมวลข้อมูลและแสดงผลการทดลองเป็นกราฟได้ ในขณะที่ชุดทดลองที่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ประมวลผล แสดงข้อมูล หรือมีการทดลองหลากหลาย จะมีราคาแพง โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่ไม่สามารถจัดซื้อมาใช้ประกอบการเรียนรู้การสอนได้ หากต้องจัดซื้ออุปกรณ์ทดลองแล้วก็ต้องนำมาใช้จัดการเรียนการสอนได้หลากหลาย สามารถนำมาบูรณาการกิจกรรมต่างๆ ได้จึงจะคุ้มค่ากว่า ทั้งนี้กิจกรรมจรวดขวดน้ำเป็นกิจกรรมที่กำลังได้รับความนิยม มีเวทีการแข่งขันตั้งแต่ระดับโรงเรียน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ระดับภูมิภาค ระดับประเทศและระดับโลก นักเรียนส่วนใหญ่จึงให้ความสำคัญและสนใจเข้าร่วมกิจกรรมเป็นจำนวนมาก และชุดอุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำมาใช้จัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงสนใจนำกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาจัดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

กิจกรรมจรวดขวดน้ำ

ประวัติความเป็นมาของกิจกรรมจรวดขวดน้ำในประเทศไทย

กิจกรรมจรวดขวดน้ำ เป็นกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่สร้างความสนุกสนาน ความตื่นเต้นและกำลังแพร่หลายในหมู่นักเรียน โรงเรียนและบุคคลทั่วไป จะเห็นได้จากมีหน่วยงานต่างๆ จัดการแข่งขันอย่างต่อเนื่องทั้งในภาครัฐและเอกชน โดยองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ได้ดำเนินการจัดการแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 1 (Thailand Water Rocket Championship#1) ตั้งแต่ปีพ.ศ.2545 และขยายกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ รอบคัดเลือก ไปยังส่วนภูมิภาคทั้ง 4 ภูมิภาคของประเทศประกอบด้วย ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคใต้ ในการแข่งขันจรวดขวดน้ำระดับประเทศ ครั้งที่ 4 - 6 และขยายเป็น 5 ภูมิภาค โดยเพิ่มภาคตะวันออก ในการแข่งขันจรวดขวดน้ำระดับประเทศ ครั้งที่ 7 จนถึงปัจจุบัน เพื่อกระตุ้น ส่งเสริมให้เยาวชนและประชาชนได้เรียนรู้หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การทำงานเป็นทีม เป็นระบบ พัฒนาการประดิษฐ์ การทดลองและการประยุกต์ใช้ อันเป็นการพัฒนาวิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับเยาวชนอย่างเป็นรูปธรรม

ส่วนประกอบของจรวดขวดน้ำ

จรวดขวดน้ำ คือจรวดที่สร้างจากขวดพลาสติกน้ำอัดลม หรือขวด PET (PET : Poly Ethylene Terephthalate) ขับเคลื่อนด้วยน้ำโดยอาศัยแรงดันของอากาศที่บรรจุอยู่ภายใน จรวดขวดน้ำมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนฐานจรวดขวดน้ำและส่วนลำตัวจรวดขวดน้ำ

1. ส่วนฐานจรวดขวดน้ำ ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญคือ 1) ส่วนตัวฐานจรวดขวดน้ำ 2) ส่วนปลดล็อค 3) ส่วนประคองขวด 4) ส่วนปรับองศา และ 5) ส่วนปั๊มลม ฐานจรวดขวดน้ำได้มีการออกแบบออกมาหลายระบบที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยมี 2 ระบบ คือ ระบบปลดล็อคคอขวดและระบบปลดล็อคเร็ว

2. ส่วนลำตัวจรวดขวดน้ำ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) ส่วนรับแรงดันหรือ ขวด PET ที่ทำมาจากขวดน้ำอัดลม 2) หัวจรวด 3) กระโปรงจรวด หรือส่วนสำหรับติดครีบ และ 4) ครีบ ซึ่งทำมาจากวัสดุที่เบาและแข็ง เช่น พลาสติก ฟิวเจอร์บอร์ด แผ่นอะคริลิค เป็นต้น

การออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ

ในการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำสามารถทำได้หลายแบบ ผู้ประดิษฐ์สามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างหลากหลาย ตัวอย่างรายการอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ เช่น ขวด PET ดินน้ำมัน สก๊อตเทป เทปกาวโฟมสองหน้า แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด กาวร้อน มีดคัทเตอร์ กรรไกร ไม้บรรทัดเหล็ก เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำดังนี้

1. นำขวด PET 1 ใบ ใช้มีดคัทเตอร์ตัดขวดออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นหัวจรวด ส่วนที่ 2 เป็นกระโปรงจรวด ส่วนที่ 3 ไม่ได้ใช้งาน

2. ตัดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดตามลักษณะครีบที่ต้องการ แต่ต้องให้แนวลอนเป็นฐาน

3. ผ่าแนวลอนด้านฐานออก 2-3 ชั้น แล้วฝานส่วนเกินออกให้เรียบทั้งสองด้าน

4. ใช้กระดาษกาวสองหน้าติดที่ฐานครีบ

5. นำครีบทั้งสี่อันมาติดกับกระโปรงแล้วติดเทปผ้าคาดสันที่ฐานครีบทั้งสองด้านจนครบสี่อัน

6. นำหัวจรวดกับกระโปรงจรวดมาติดเข้ากับขวดใบที่สองและพันด้วยเทปผ้าคาดสัน

กฎ กติกาและระเบียบการแข่งขันจรวดขวดน้ำ

การแข่งขันจรวดขวดน้ำระดับประเทศ จัดโดยองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบ่งการแข่งขันเป็น 2 ระดับ คือระดับชั้นประถมศึกษา (ป.1-ป.6) และระดับมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6 หรือเทียบเท่า) โดยมีประเภทการแข่งขัน 2 ประเภท คือ ประเภทความไกลและประเภทความแม่นยำ สำหรับการแข่งขันทักษะทางวิทยาศาสตร์ในงานมหกรรมวิชาการมัธยมศึกษาของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 12 ได้เพิ่มประเภทการแข่งขัน คือ จรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม โดยมีรายละเอียดกฎ กติกา ของการแข่งขันแต่ละประเภท สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของผู้แข่งขัน

กำหนดให้แต่ละทีมประกอบด้วยสมาชิก 3-5 คน โดยผู้เข้าแข่งขันแต่ละคนต้องเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนหรือสถาบันนั้น และมีครูหรืออาจารย์เป็นผู้ควบคุมทีม จำนวนทีมแล้วแต่ผู้จัดการแข่งขันในแต่ละครั้ง สำหรับ อพวช ให้มีจำนวนทีมระดับชั้นละไม่เกิน 4 ทีม ประเภทความไกลระดับชั้นละ 2 ทีม ประเภทความแม่นยำระดับชั้นละ 2 ทีม โดยแต่ละทีมสามารถเลือกแข่งขันประเภทใดประเภทหนึ่งหรือทั้ง 2 ประเภทก็ได้ และผู้เข้าแข่งขันแต่ละคนต้องมีชื่อเป็นสมาชิกอยู่ในทีมเพียงทีมเดียวเท่านั้น ในวันแข่งขันผู้เข้าแข่งขันแต่งกายด้วยชุดนักเรียน หรือชุดแบบฟอร์มของโรงเรียน หรือชุดที่จัดทำขึ้นสำหรับการแข่งขัน แต่ไม่สวมรองเท้าแตะ

2. ข้อกำหนดของจรวดขวดน้ำ

จรวดขวดน้ำประดิษฐ์มาจากขวดน้ำอัดลม ขนาดไม่เกิน 1.25 ลิตร ไม่มีการดัดแปลงใดๆ บริเวณปากขวด ไม่จำกัดรูปแบบจะเป็นจรวด 2 ท่อนปลดล็อคกลางอากาศ หรือขยายขนาดขวด การต่อขวด เมื่อติดตั้งบนฐานปล่อยจรวดขวดน้ำแล้วต้องมีขนาดไม่เกิน ความกว้าง 1.00 เมตร ความยาว 1.00 เมตร ความสูง 1.00 เมตร ใช้แรงขับดันจากน้ำและแรงดันอากาศจากปั๊มลมเท่านั้น สำหรับจรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม แต่ละทีมสามารถประดิษฐ์ได้ไม่จำกัด รูปแบบหรือชนิดขวด ก่อนการแข่งขันต้องนำจรวดขวดน้ำให้คณะกรรมการตรวจสอบก่อน จรวดขวดน้ำประเภทความไกลและประเภทแม่นยำ ทีมละ 2 ลำ ประเภทสวยงาม 1 ลำ ไม่อนุญาตให้นำจรวดขวดน้ำที่ไม่ผ่านการตรวจมาใช้ในการแข่งขัน รวมทั้งไม่อนุญาตให้นำจรวดขวดน้ำหรือบูสเตอร์ของทีมอื่นมาใช้ในการแข่งขัน

3. ข้อกำหนดของฐานปล่อยจรวดขวดน้ำ (กรณีนำมาเอง)

เมื่อติดตั้งจรวดขวดน้ำแล้วเสร็จพร้อมปล่อย ฐานปล่อยและจรวดขวดน้ำต้องมีขนาดรวมกันและไม่เกินความกว้าง 1.00 เมตร ความยาว 1.00 เมตร ความสูง 1.00 เมตร ฐานปล่อยจรวดขวดน้ำต้องไม่มีท่อ ขวด หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่แสดงเจตนาให้เห็นว่ามีการพักแรงดัน ไม่มีผลต่อการส่งให้จรวดขวดน้ำพุ่งขึ้นไป สามารถเชื่อมต่อมาตรวัดลมที่คณะกรรมการจัดเตรียมไว้ได้ โดยท่อลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ภายนอก 6 มิลลิเมตร หรือกรณีอื่น ซึ่งต้องแจ้งให้คณะกรรมการทราบล่วงหน้าก่อนการปล่อย และผู้เข้าแข่งขันให้คณะกรรมการตรวจฐานปล่อยจรวดขวดน้ำก่อนการแข่งขัน หากไม่อยู่ในเงื่อนไขจะตัดสิทธิ์การแข่งขันในรอบนั้น

4. ข้อกำหนดและกติกาการแข่งขันอื่นๆ

4.1 ประเภทความไกล แรงดันที่ใช้แล้วแต่คณะกรรมกำหนด ซึ่งจะแจ้งให้ทราบล่วงหน้า เช่น 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว (40 PSI) ยิงทีมละ 1 ครั้ง จำนวน 2 รอบ เอาครั้งที่ สถิติดีที่สุด สถิติวัดจากจุดยิง ไปถึงส่วนที่ไกลสุดของจรวดที่หยุดนิ่ง และตกในบริเวณที่กำหนดกำหนด (Fairway) กรณีจรวดแตกเป็นชิ้นๆ จะวัดจากชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่สุดของจรวด ทีมที่ทำสถิติเป็นระยะทางมากที่สุด เป็นผู้ชนะ

4.2 ประเภทความแม่นยำ ไม่จำกัดแรงดันลม ขนาด รูปแบบของจรวด รูปแบบของฐานยิง จำกัดระยะทางจากจุดยิงไปถึงเป้าหมายเท่ากับ 70 เมตร ยิงทีมละ 2 ครั้ง เอาครั้งที่ สถิติดีที่สุด สถิติวัดจากจุดกึ่งกลางของเป้าหมาย ไปถึงจุดที่จรวดตก และตกในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดเป็นวงกลม รัศมี 5 เมตร ทีมที่ทำสถิติเป็นระยะทางน้อยที่สุด เป็นผู้ชนะ

4.3 ประเภทสวยงาม ไม่จำกัดแรงดันลม ขนาด รูปแบบของจรวด รูปแบบของฐานยิง ยิงโชว์แบบกางร่ม หรือแบบสวยงามอื่นๆ ตามความคิดสร้างสรรค์ ทีมละ 1ครั้ง ตามหัวข้อที่คณะกรรมการกำหนดและแจ้งไว้ล่วงหน้า ยิงเสร็จแล้ว แต่ละทีมนำเสนอหลักการแนวคิด ตามหัวข้อที่คณะกรรมการกำหนด ทีมที่ทำคะแนนมากที่สุด เป็นผู้ชนะ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของคณะกรรมการ คือ ความสวยงามก่อนยิง 20 คะแนน ความสวยงามขณะยิง 50 คะแนน ความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่ 15 คะแนน และเนื้อหาตรงกับหัวข้อ 15 คะแนน รวมเป็น 100 คะแนน

สำหรับการจัดกิจกรรมจรวดขวดน้ำในโรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ครูผู้สอนได้ใช้กฎ กติกา ระเบียบการแข่งขันจรวดขวดน้ำข้างต้น โดยมีกำหนดสถิติเพื่อให้คะแนนในการจัดการเรียนการสอนและกำหนดให้ใช้สนามจรวดขวดน้ำ (ภาพที่ 2.18 – 2.20) ดังนี้

1. ประเภทความไกล กำหนดมุมยิง 45 องศา ความดัน 3 บาร์

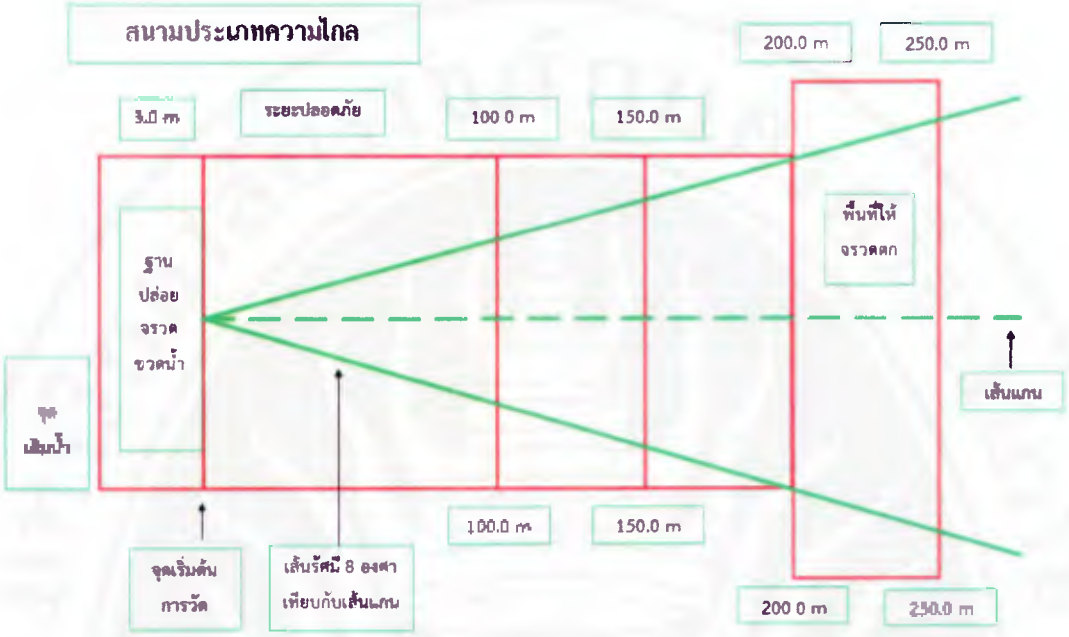
สถิติ	100	เมตร	5 คะแนน
	110	เมตร	6 คะแนน
	120	เมตร	7 คะแนน
	130	เมตร	8 คะแนน
	140	เมตร	9 คะแนน
	150	เมตรขึ้นไป	10 คะแนน

2. ประเภทความแม่นยำ กำหนดเป้าห่างจากฐานปล่อยจรวดขวดน้ำ 70 เมตร

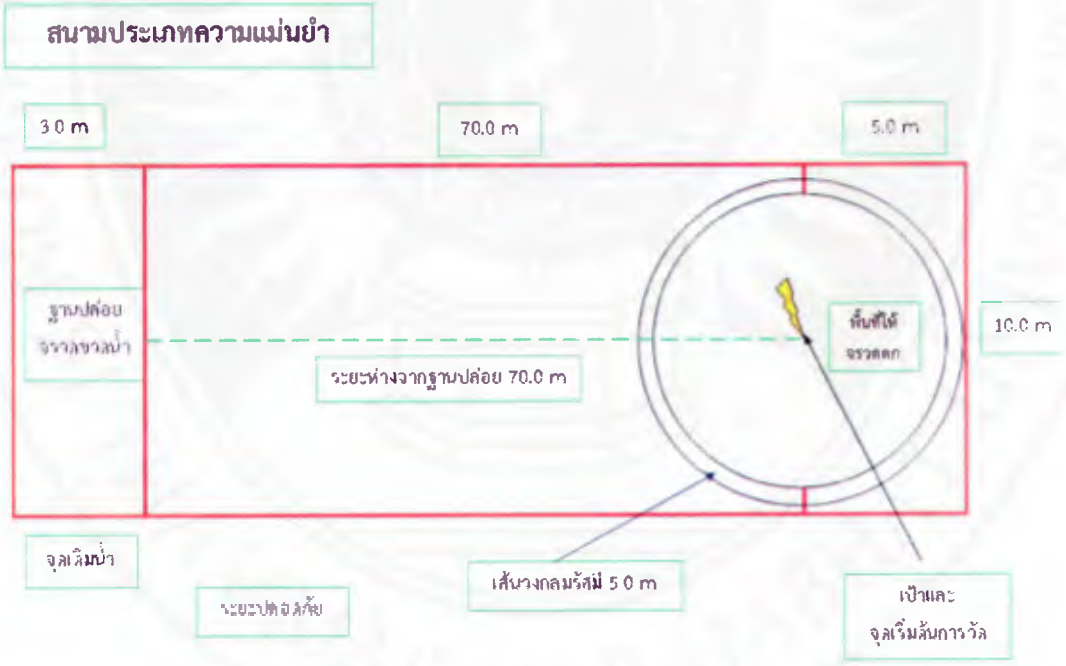
สถิติ	100	เซนติเมตร	5 คะแนน
	80	เซนติเมตร	6 คะแนน
	60	เซนติเมตร	7 คะแนน
	40	เซนติเมตร	8 คะแนน
	20	เซนติเมตร	9 คะแนน
	10	เซนติเมตร หรือ น้อยกว่า	10 คะแนน

3. ประเภทสวยงามความคิดสร้างสรรค์ (จรวดร่ม) กำหนดมุมยิง 90 องศา

ร่มไม่กาง	5 คะแนน
ร่มกางบางท่อน ไม่มีสีสัน เนื้อหาไม่ตรงกับหัวข้อ	6 คะแนน
ร่มกางบางท่อน ไม่มีสีสัน เนื้อหาตรงกับหัวข้อ	7 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน ไม่มีสีสัน เนื้อหาตรงกับหัวข้อ	8 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน มีสีสัน เนื้อหาตรงกับหัวข้อ	9 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน มีสีสัน เนื้อหาตรงกับหัวข้อ เทคนิคแปลกใหม่	10 คะแนน



ภาพที่ 2.18 สนามจรวดขวดน้ำประเภทความไกล



ภาพที่ 2.19 สนามจรวดขวดน้ำประเภทความแม่นยำ

ภาพที่ 2.20 สนามจรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม

หลักการทางวิทยาศาสตร์ของจรวดขวดน้ำ

การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ขณะปล่อยจรวดขวดน้ำให้เคลื่อนที่จะถูกโลกดึงดูดให้มีความเร็วแนวดิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ยังมีความเร็วในแนวระดับ ทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่เป็นแบบเส้นโค้งพาราโบลา และสามารถอธิบายได้ด้วย กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กล่าวคือ การที่จรวดขวดน้ำติดอยู่กับฐานปล่อยจรวด รักษาสภาพการหยุดนิ่งไว้ เป็นไปตามกฎข้อ 1 ของนิวตัน หรือ "กฎของความเฉื่อย" กล่าวคือ วัตถุที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ จะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของมันไว้ หลังจากที่เราเติมลมหรืออัดอากาศเข้าไปในขวด อากาศที่ถูกอัดอยู่ภายในจรวดขวดน้ำ จะทำหน้าที่เหมือนเป็นสปริงที่จะดันให้จรวดลอยสูงขึ้นไป และดันน้ำให้พุ่งออกทางปากขวด นั่นคือจรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ด้วยแรงขับจากน้ำ ซึ่งเกิดจากการปล่อยแรงดันอากาศภายในตัวขวดทำให้น้ำพุ่งออกมาอย่างรุนแรงทางปากขวด เป็นแรงมาทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งไปสัมพันธ์กับมวลของจรวด เป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตันและขณะที่ความดันภายในตัวขวดผลักให้น้ำพุ่งออกด้านหลังเป็นแรงกิริยา และน้ำเองก็จะผลักให้จรวดขวดน้ำพุ่งขึ้นไปด้านหน้าเป็นแรงปฏิกิริยา เป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน แต่มวลของจรวดมีมากกว่ามวลของอากาศมาก ทำให้อากาศมีความเร่งมากกว่าความเร่งของจรวดมาก (ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน) ทำให้อากาศพุ่งออกไปจากจรวดขวดน้ำหมดก่อนที่จรวดขวดน้ำจะพุ่งขึ้นไปได้สูง น้ำที่เราเติมลงไปนั้น จะช่วยชะลอเวลาที่อากาศใช้ในการพุ่งออกจากจรวดขวดน้ำ เพราะจรวดขวดน้ำต้องผลักให้น้ำภายในจรวดขวดน้ำพุ่งออกไปด้วย ทำให้ความเร็วของจรวดสูงขึ้นกว่าตอนที่ไม่ได้เติมน้ำลงไปในจรวดขวดน้ำ แต่ปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้แรงผลักของอากาศลดลง และความดันภายในจรวดก็จะลดลงรวดเร็ว

มากขึ้น ดังนั้น เราจึงต้องมีอัตราส่วนของการเติมน้ำอย่างเหมาะสม เพื่อทำให้จรวดขวดน้ำพุ่งออกไปได้ไกลที่สุด

การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่หนึ่งเคลื่อนที่ขณะที่มีน้ำเป็นแรงขับดัน และช่วงที่สองเคลื่อนที่ขณะที่ไม่มีน้ำเป็นแรงขับดัน แรงที่กระทำกับจรวดขวดน้ำในการเคลื่อนที่มี 3 แรง ดังนี้

1. แรงดึงดูดที่กระทำต่อจรวด (Gravity force) คือ เป็นแรงเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ โดยพิจารณาจาก น้ำหนักรวมของวัตถุ (Total weight) ซึ่งเป็นแรงจากสนามโน้มถ่วงที่กระทำณ ตำแหน่ง จุดศูนย์กลางมวล (Center of gravity)

2. แรงขับจากน้ำ (Thrust) ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวด (Nozzle)

3. แรงต้านจากอากาศ (Drag force) คือ แรงที่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ ขณะเคลื่อนที่ผ่านในอากาศ มีทิศในทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ แรงต้านนี้เกิดเนื่องจากความแตกต่างของความเร็วที่ผิวสัมผัสของจรวด ในระหว่างที่จรวดขวดน้ำเคลื่อนตัวผ่านไปในอากาศ ดังนั้นทุก ๆ ส่วนของจรวดจึงมีผลในการก่อให้เกิดแรงต้านอากาศนี้ ดังนั้นในการออกแบบจรวด จำเป็นต้องพิจารณาถึงรูปร่างของจรวดด้วย

นอกจากนี้ยังมีแรงยก (Lift) ซึ่งเป็นแรงที่ทำหน้าที่พยุงจรวดขวดน้ำให้ลอยได้ในอากาศ แรงยกโดยทั่วไปจะเกิดที่ส่วนของปีกและครีบที่มีการเคลื่อนที่ และรบกวนในการไหลของอากาศ ให้มีการเบี่ยงเบนทิศทาง ดังนั้นถ้าไม่มีการเคลื่อนที่ก็ไม่เกิดแรงยกขึ้น

วิธีการที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลคือ เพิ่มแรงขับ โดยการออกแบบท่อท้าย (Nozzle) ตามหลักวิชาด้านการไหลชั้นสูง พร้อมทั้งลดแรงดึงดูดที่กระทำต่อจรวด (Gravity force) โดยการเลือกใช้วัสดุที่เบา มาสร้างจรวด และลดแรงต้านจากอากาศที่กระทำต่อจรวด ซึ่งทำได้โดยการลดพื้นที่หน้าตัดของจรวด การปรับขอบปลายปีกให้เหมาะสมและเลือกครีบหางให้เหมาะสม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ศักดา เดชมา (2549) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ชั้นปีที่ 1 ดำเนินการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองกับกลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน และจัดการเรียนการสอนตามปกติกับกลุ่มควบคุม 40 คน ใช้เวลาในการทดลอง กลุ่มละ 20 คาบ คาบละ 60 นาที ในเนื้อหาเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่ม

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ เพ็ญจันทร์ ซิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2549) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยนำเสนอเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาและการพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์นักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้การบรรยายเป็นหลัก และมุ่งเน้นการท่องจำสมการต่างๆ มากกว่าความเข้าใจแนวคิดสำคัญและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน ในขณะที่กิจกรรมการเรียนรู้ช่วงการแสดงแบบอย่างการสอนแบบผนวกเนื้อหา (Pedagogical content knowledge modeling) ช่วยให้นักศึกษาพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตลอดจนการให้เหตุผลได้ดีกว่า ทั้งนี้พบว่ามุมมองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและแนวคิดเกี่ยวกับแรงขับดันภายในของวัตถุเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

สมใจ สุริยะ (2549) ได้ศึกษาวิจัย เรื่องการเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้กับการสอนตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental designs) จุดประสงค์การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนตาคลีประชาสรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 76 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 38 คน โดยการสุ่มเป็นห้องเรียนแบบสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้แผนการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน และจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ มีแผนการวิจัยแบบยังไม่เข้าขั้นการทดลอง (Pre – experimental designs) โดยศึกษาเฉพาะรายกรณีให้การทดลองหนึ่งครั้ง (One – shot case study) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โรงเรียนเมืองเหนือวิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 แผน ใช้เวลา 23 คาบ แบบสอบถามกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 71.15 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 72.13 และด้านการแก้ปัญหาร้อยละ 76.92

เฉลิมพล ตามเมืองปัก (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ซึ่งรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือทำด้วยตนเองสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ (Constructivism) การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นและกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นและกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่วิชาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น กับกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 และ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/4 โรงเรียนบ้านค่ายวิทยา อำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ ปีการศึกษา 2550 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องละ 30 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวนรูปแบบละ 10 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (B) รายข้อ ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.91 มีค่าความยากง่ายรายข้อ ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.76 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (rcc) เท่ากับ 0.80 แบบทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากรายข้ออยู่ระหว่าง 0.35 ถึง 0.75 มีค่าอำนาจจำแนกราย

ข้อ อยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.90 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (rxy) ตั้งแต่ 0.319 ถึง 0.829 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.99 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 87.04/84.83 และ 84.79/81.58 ตามลำดับ 2) ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.8194 และ 0.7940 ตามลำดับ 3) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่และนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (p>.01)

สุกัญญา คลังแสง (2552) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมติ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 แล้วศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมติ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนหนองแสงวิทยศึกษา จังหวัดอุดรธานี จำนวน 37 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าคือแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ เวลา 14 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมติแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.09- 0.76 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.886 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าดัชนีประสิทธิผล ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพ 85.19/84.46 ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.8166 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการ

เรียนร้อยละ 81.66 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมติ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต โดยรวมอยู่ในระดับมาก

งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจในมโนมติ

ยุทธพนธ์ พูลพุทธา (2547) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการมองเห็น โดยใช้รูปแบบการสอนของ Wittrock กับ สสวท. กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนม่วงลาดวิทยาคาร จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 52 คน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนของ Wittrock มีความเข้าใจเพียงบางส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 37.60 - 49.00) รองลงมาคือ มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (ร้อยละ 27.00 - 38.40) มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวคิดที่ผิดพลาด (ร้อยละ 14 00 - 17.00) และมีแนวคิดที่ผิดพลาด (ร้อยละ 2.00 -10.00) และนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนของ สสวท. มีความเข้าใจเพียงบางส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 29.63 - 54.94) รองลงมาคือมีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวคิดที่ผิดพลาด (ร้อยละ 17.28 - 31.48) มีแนวคิดที่ผิดพลาด (ร้อยละ 14.81 - 34.81) มีความไม่เข้าใจ (ร้อยละ 5.19 - 8.33) และมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (ร้อยละ 0.62 - 12.59) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนของ Wittrock มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากกว่าและมีแนวความคิดที่ผิดพลาดน้อยกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนของ สสวท.อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

วิชัย มะธิปิไข (2549) ได้ทำศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 68 คน โรงเรียนปากคาดพิทยาคม อำเภอปากคาด จังหวัดหนองคาย ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยวิธีจับฉลาก กลุ่มทดลองจำนวน 35 คน เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น และกลุ่มควบคุมจำนวน 33 คน เรียนแบบสืบเสาะแบบ สสวท. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น สำหรับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างละ 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง ใช้เวลาเรียน 3 สัปดาห์ แบบทดสอบแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติอัตราเร็วแสง 4 ข้อ การสะท้อนแสง 5 ข้อ การหักเหของแสง 4 ข้อและการเห็น 6 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ และ Chi Square test ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีความเข้าใจเพียงบางส่วนในมโนมติอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงมากที่สุด รองลงมา มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์และมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมามีความเข้าใจเพียงบางส่วนในมโนมติการเห็น 2) นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนสืบเสาะแบบ สสวท มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาดในมโนมติอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการเห็นมาก

ที่สุด รองลงมา มีความไม่เข้าใจ และมีความเข้าใจเพียงบางส่วน ตามลำดับ 3) นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีความเข้าใจสมบูรณ์และมีความเข้าใจเพียงบางส่วนในมโนมติอัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น มากกว่า แต่มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวคิดที่ผิดพลาด และมีแนวความคิดที่ผิดน้อยกว่า นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กล่าวโดยสรุป นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นมีแนวความคิดที่เลือกถูกต้องเกี่ยวกับมโนมติ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น มากกว่า นักเรียนที่เรียนสืบเสาะแบบ สสวท. แสดงให้เห็นว่าการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดความคิดที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นครูควรนำรูปแบบการเรียนแบบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความหมายและมีแนวความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ของนักเรียนในระดับชั้นต่างๆ ต่อไป

แอน พรีสคอตและมิเชล มิทเชลมอร์ ได้ทำการศึกษาความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์อย่างต่อเนื่อง โดยในปีพ.ศ. 2547 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2004) ได้ศึกษาความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักศึกษาหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนซิดนีย์ ที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่มาก่อนกับที่ได้เรียนทั้งฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มาแล้ว โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนอธิบายหรือวาดรูปประกอบ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ผลการศึกษาพบว่านักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับการขว้างวัตถุจากหน้าผาสูงด้วยความเร็วที่แตกต่างกันร้อยละ 71 นักเรียนไม่สามารถบอกความแตกต่างของการโยนวัตถุสองชิ้นจากหน้าผาด้วยความเร็วค่าต่างๆร้อยละ 85 นักเรียนไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับความเร็วของลูกระเบิดที่ถูกโยนบนเครื่องบินร้อยละ 75 และนักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการขว้างวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงร้อยละ 67 ส่วนปีพ.ศ.2548 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2005) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง มีผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพขึ้นและทำให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าความเข้าใจผิดในมโนมติของนักเรียนเกิดจากความเข้าใจผิดของครูผู้สอน สำหรับในปีพ.ศ 2549 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2006) ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจผิดในมโนคติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของครูผู้สอน กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนวิชาโปรแกรมประยุกต์ของแคลคูลัสกับฟิสิกส์ เรื่องคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องขึ้นและครูเป็นผู้สร้างความเข้าใจผิดในมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่ให้กับนักเรียน ทั้งนี้เพราะครูไม่เข้าใจว่ามันเป็นปัญหาที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจผิดและในปีพ.ศ.2552 (Anne Prescott and Michael Mitchelmore, 2009) ทำการศึกษาผลกระทบจากความเข้าใจผิดในมโนมติของครูเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอน

นักเรียนที่มีประสบการณ์การสอน 10-20 ปีของโรงเรียนสตรีในชิดนีย์ จำนวน 2 โรงเรียน แต่ละโรงเรียนแยกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มทดลอง เป็นครูที่ได้รับการแนะนำให้จัดการเรียนรู้เพื่อขจัดความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ตามแผนการสอนที่ออกแบบโดยผู้วิจัยหลัก ใช้เวลา 40 นาที ส่วนกลุ่มควบคุมให้ครูจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายไปตามเดิม หลังจากนั้นก็ใช้วิธีสัมภาษณ์ด้วยแบบทดสอบที่วัดความเข้าใจผิดในมโนมติซึ่งเป็นชุดเดียวกันที่ใช้ทดสอบกับนักเรียน ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในครูกลุ่มทดลองได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายนักเรียนให้เข้าใจเกี่ยวกับความเร็วที่เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งในแนวระดับและแนวดิ่งของวัตถุ ส่วนครูกลุ่มควบคุมจะมีปัญหามากทั้งความเข้าใจผิดในมโนมติของตนเองและความไม่เข้าใจว่าทำไมนักเรียนจึงมีความเข้าใจผิด

ซูล เบย์รากต้า (Sule Bayraktar, 2007) ได้ทำการตรวจสอบความเข้าใจผิดในมโนมติของครูฝึกสอนสาขาฟิสิกส์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ความเข้าใจผิดในมโนมติกับเพศ ปีการศึกษาและวัฒนธรรม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาฝึกสอนในคณะศึกษาศาสตร์ ของประเทศตุรกี จำนวน 79 คน เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือ Force Concept Inventory (FCI) เป็นแบบทดสอบถามแนวคิดแบบเลือกตอบจำนวน 29 ข้อ ซึ่งตัวเลือกที่ผิดนั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ สถิติวิจัยที่ใช้คือ การแจงแจงความถี่ การทดสอบด้วย t-test และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA ผลการวิจัยพบว่าครูฝึกสอนเพศชาย - เพศหญิง ปีการศึกษาและวัฒนธรรม มีความเข้าใจผิดในมโนมติเกี่ยวกับกฎข้อที่สามของนิวตันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดิลเบอร์ รีฟิก การามาน บาร์ฮิมและดุซกัน บาฮาทติน (Dilber Refik, Karaman Ibrahim and Duzgun Bahattin, 2009) ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์กับการสอนฟิสิกส์แบบเดิม ซึ่งกลุ่มทดลองจำนวน 43 คน สอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบเปลี่ยนแปลงแนวคิดและกลุ่มควบคุมจำนวน 39 คน สอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่านักเรียนในกลุ่มที่มีกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีผลการเรียนดีกว่านักเรียนในกลุ่มที่มีกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาวิจัยข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียน 7E มาพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งนี้ก็ต้องคำนึงถึงความสามารถของนักเรียนแต่ละคนอันที่จะพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดของรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่องการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ที่จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำก่อนและหลังเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์กับแผนการเรียนไทย – สังคม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล
6. สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวนนักเรียน 180 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวนนักเรียน 54 คน โดยใช้เกณฑ์การกำหนดขนาดตัวอย่างร้อยละ 30 ของจำนวนประชากรทั้งหมด (ยุทธ์ ไกยวรรณ์, 2546 อ้างถึงใน ศุภวรรณ พรหมเพรา, 2548, 159) แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจากการชักตัวอย่างโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified sampling) ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอน (ศุภวรรณ พรหมเพรา, 2548, 169)ดังนี้

1. แบ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ซึ่งทางโรงเรียนได้สอบคัดเลือกนักเรียนที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน แบ่งตามแผนการเรียนและห้องเรียน และเป็นนักเรียนที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 เป็น 5 ห้องเรียนดังนี้

1.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 43 คน

1.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 37 คน

1.3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 แผนการเรียนไทย - สังคม จำนวน 38 คน

1.4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 แผนการเรียนไทย - สังคม จำนวน 34 คน

1.5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 แผนการเรียนไทย - สังคม จำนวน 28 คน

2. ต้องการแบ่งขนาดตัวอย่างจำนวน 54 คน จากประชากร 180 คน ซึ่งใช้วิธีการเลือกตัวอย่างจากแต่ละชั้น โดยใช้การชักตัวอย่างแบบมีระบบในชั้นภูมิ (Stratified systematic random sampling) เป็น 5 ชั้นภูมิ ตามห้องเรียน 5 ห้องเรียน ข้างต้น แล้วจัดสรรขนาดตัวอย่างแบบสัดส่วน (Proportional allocation) ได้ดังนี้

2.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 คำนวณจาก $n_1=43\times\frac{54}{180}=12.9$ ใช้ตัวอย่างจำนวน 13 คน

2.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 คำนวณจาก $n_2=37\times\frac{54}{180}=11.1$ ใช้ตัวอย่างจำนวน 11 คน

2.3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 คำนวณจาก $n_3=38\times\frac{54}{180}=11.4$ ใช้ตัวอย่างจำนวน 11 คน

2.4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 คำนวณจาก $n_4=34\times\frac{54}{180}=10.2$ ใช้ตัวอย่างจำนวน 10 คน

2.5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 คำนวณจาก $n_5=28\times\frac{54}{180}=8\,4$ ใช้ตัวอย่างจำนวน 8 คน

รวมตัวอย่าง 53 คน เลือกเพิ่ม 1 คน แบบเจาะจงซึ่งเป็นนักเรียนที่มีประสบการณ์แข่งขันจรวดขวดน้ำ จากชั้นมัธยมศึกษาปีที ม.4/5 รวมตัวอย่างทั้งสิ้น 54 คน

3. เลือกหน่วยตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิ โดยใช้การชักตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic sampling) สุ่มจากเลขที่ของนักเรียนในแต่ละห้องเรียนที่เรียงกันอย่างมีระบบ เลือกหน่วยตัวอย่างเริ่มต้น (Random start) โดยการจับฉลาก ได้หน่วยตัวอย่างเริ่มต้นเป็น 2 แล้วคำนวณหาค่าคงที่ (Fixed interval) ของแต่ละห้องเรียน หลังจากนั้นนำเลขที่ตั้งเรียงกันและเลือกตัวอย่าง แสดงได้ ดังนี้

3.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 หาค่าคงที่ จาก $f_1=\frac{43}{13}=3.3$ ใช้ค่าประมาณ คือ 3 แล้วตั้งเลขที่เรียงกัน และเริ่มต้นที่เลขที่ 2 นับเพิ่มครั้งละ 3 แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวน 13 คน แสดงได้ดังนี้

1	**2**	3	4	**5**	6	7	**8**	9	10
11	12	13	**14**	15	16	**17**	18	19	**20**
21	22	**23**	24	25	**26**	27	28	**29**	30
31	**32**	33	34	**35**	36	37	**38**	39	40
41	42	43							

จะได้หน่วยตัวอย่าง คือนักเรียนเลขที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35 และ 38

3.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 หาค่าคงที่ จาก $f_2 = \frac{37}{11} = 3\,3$ ใช้ค่าประมาณ คือ 3 แล้วตั้งเลขที่เรียงกัน และเริ่มต้นที่เลขที่ 2 นับเพิ่มครั้งละ 3 แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวน 11 คน แสดงได้ดังนี้

1	**2**	3	4	**5**	6	7	**8**	9	10
11	12	13	**14**	15	16	**17**	18	19	**20**
21	22	**23**	24	25	**26**	27	28	**29**	30
31	**32**	33	34	35	36	37			

จะได้หน่วยตัวอย่าง คือนักเรียน เลขที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29 และ 32

3.3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 หาค่าคงที่ จาก $f_3 = \frac{38}{11} = 3.4$ ใช้ค่าประมาณ คือ 3 แล้วตั้งเลขที่เรียงกัน และเริ่มต้นที่เลขที่ 2 นับเพิ่มครั้งละ 3 แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวน 11 คน แสดงได้ดังนี้

1	**2**	3	4	**5**	6	7	**8**	9	10
11	12	13	**14**	15	16	**17**	18	19	**20**
21	22	**23**	24	25	**26**	27	28	**29**	30
31	**32**	33	34	35	36	37	38		

จะได้หน่วยตัวอย่าง คือนักเรียน เลขที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29 และ 32

3.4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 หาค่าคงที่ จาก $f_4 = \frac{34}{10} = 3.4$ ใช้ค่าประมาณ คือ 3 แล้วตั้งเลขที่เรียงกัน และเริ่มต้นที่เลขที่ 2 นับเพิ่มครั้งละ 3 แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวน 10 คน แสดงได้ดังนี้

1	**2**	3	4	**5**	6	7	**8**	9	10
11	12	13	**14**	15	16	**17**	18	19	**20**
21	22	**23**	24	25	**26**	27	28	**29**	30
31	32	33	34						

จะได้หน่วยตัวอย่าง คือนักเรียน เลขที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26 และ 29

3.5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 หาค่าคงที่ จาก $f_5 = \frac{28}{8} = 3.5$ ใช้ค่าประมาณ คือ 4 แล้วตั้งเลขที่เรียงกัน และเริ่มต้นที่เลขที่ 2 นับเพิ่มครั้งละ 4 แล้วเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวน 8 คน และเลือกเจาะจง 1 คน คือเลขที่ 18 รวมเป็น 9 คน แสดงได้ดังนี้

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

จะได้หน่วยตัวอย่าง คือนักเรียน เลขที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 18, 20 และ 23

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. กิจกรรมจรวดขวดน้ำ เป็นชุดเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนามาจากการจัดกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 7 จัดโดยองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2551) โดยผู้วิจัยได้ทำจัดกิจกรรม จำนวน 4 กิจกรรมดังนี้

1.1 กิจกรรมที่ 1 เรื่องการวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

1.2 กิจกรรมที่ 2 เรื่องการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

1.3 กิจกรรมที่ 3 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

1.4 กิจกรรมที่ 4 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

2. แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ เป็นแบบทดสอบแบบวินิจฉัยให้เหตุผลในการเลือกคำตอบ มี 2 ตอน คือตอนที่ 1 ประสบการณ์เกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน จำนวน 2 ข้อ และตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

3. แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบ Backward Design ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยหลักการสอน 3S+I (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ, 2549) มาบูรณาการกับกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ

การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ในการสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. กิจกรรมจรวดขวดน้ำ

1.1 ศึกษาหลักสูตร เอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการจัดและพัฒนาชุดกิจกรรมและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้ด้วยตนเองและกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ

1.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อกำหนดขอบเขตแต่ละกิจกรรมให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชาและเนื้อหา

1.3 ออกแบบและพัฒนากิจกรรมจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 กิจกรรม คือ

1.3.1 กิจกรรมที่ 1 เรื่องการวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

1.3.2 กิจกรรมที่ 2 เรื่องการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

1.3.3 กิจกรรมที่ 3 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

1.3.4 กิจกรรมที่ 4 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

1.4 นำรายละเอียดกิจกรรมจรวดขวดน้ำที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จำนวน 2 ท่าน เพื่อหาข้อบกพร่องและนำไปปรับปรุงแก้ไข รายชื่อคณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1.4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)

1.4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาขาวิชาสถิติประยุกต์และวิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ

1.5 นำรายละเอียดกิจกรรมจรวดขวดน้ำที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความเหมาะสมด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด รูปแบบการจัดกิจกรรม และการนำไปใช้ตามแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert) รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังต่อไปนี้

1.5.1 นายวรรณวิทย์ ควนวิไล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการกับกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน

1.5.2 นางอโณทัย ชูยก ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านคลองแคว ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ

1.5.3 นายอุดมศักดิ์ จันทร์จำปา ครูชำนาญการ โรงเรียนโมคลานประชาสรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยจรวดขวดน้ำ

1.6 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาตรวจให้คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความคิดเห็น ดังนี้

ระดับ 5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง กิจกรรมมีความเหมาะสม 5 คะแนน
ระดับ 4 เห็นด้วย กิจกรรมมีความเหมาะสม 4 คะแนน
ระดับ 3 ปานกลาง กิจกรรมมีความเหมาะสม 3 คะแนน
ระดับ 2 ไม่เห็นด้วย กิจกรรมมีความเหมาะสม 2 คะแนน
ระดับ 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง กิจกรรมมีความเหมาะสม 1 คะแนน

1.7 นำผลจากการให้คะแนนกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมโดยวิธีหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง กิจกรรมมีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง กิจกรรมมีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง กิจกรรมมีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง กิจกรรมมีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง กิจกรรมมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการพิจารณากิจกรรมจรวดขวดน้ำที่ใช้ได้มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ทั้ง 4 กิจกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 โดยกิจกรรมที่ 1 เรื่องการวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 กิจกรรมที่ 2 เรื่องการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 กิจกรรมที่ 3 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 และกิจกรรมที่ 4 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67

1.8 นำกิจกรรมจรวดขวดน้ำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1-4/5 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร จำนวน 5 ห้องเรียนๆ ละ 3 คน ประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อน อย่างละ 1 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 15 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมเรื่องภาษา เวลาที่ใช้ และการตั้งเกณฑ์ในการหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 แล้วดำเนินการปรับปรุงให้ถูกต้อง ชัดเจน ซึ่งนิยามประสิทธิภาพ E_1/E_2 สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้ระหว่างจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำหลังจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สามารถหาได้จากสูตร

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{P} x100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{O} x100$$

เมื่อ E_1 คือค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำ

E_2 คือค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำ

X คือคะแนนที่ได้จากการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนแต่ละคน

Y คือคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

P คือคะแนนเต็มของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

O คือคะแนนเต็มของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

N คือจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรม

สำหรับการตั้งเกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพนั้นผู้วิจัยเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยเน้นว่าเนื้อหาความรู้ความจำ มักจะตั้งไว้ค่า E_1/E_2 = 80/80 เนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติศึกษา ควรตั้งค่า E_1/E_2 = 75/75 หรือต่ำกว่า ซึ่งเนื้อหาในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นทักษะที่เกิดจากการทำกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ประกอบกับการหาเกณฑ์มาตรฐานตามแนวนิยาม "เกณฑ์มาตรฐาน 90/90" (เปรื่อง กุมุท, 2519, 129 อ้างถึงจาก มนตรี แย้มกสิกร, 2551) โดยนิยามว่า 90 ตัวแรก คือ เป็นคะแนนเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม เมื่อสอนครั้งหลังแล้วเสร็จ นำคะแนนมาหาค่าร้อยละให้หมดทุกคะแนนแล้วหาค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม ซึ่งผลการหาค่าร้อยละตัวแรกของกิจกรรมครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 68.67 ส่วน 90 ตัวหลังแทนคุณสมบัติที่ว่าร้อยละ 90 ของนักเรียนทั้งหมดได้รับผลสัมฤทธิ์ตามความมุ่งหมาย ซึ่งกำหนดไว้ที่ ร้อยละ 50 นั้นพบว่านักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ จึงปรับเกณฑ์ให้เป็นร้อยละ 60 พบว่า ร้อยละตัวที่สองของกิจกรรมครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 60.00 นั้นคือ ควรตั้งเป้าหมาย โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 60/60 ทั้งนี้ผลการหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งคำนวณจากนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ จำนวน 15 คน พบว่า ค่า E_1 ที่หาได้มีค่าเท่ากับ 69.50 และค่า E_2 มีค่าเท่ากับ 65.33

1.9 นำกิจกรรมจรวดขวดน้ำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1-4/5 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร จำนวน 5 ห้องเรียนๆ ละ 6 คน ประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อน อย่างละ 2 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 30 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 โดยตั้งค่าเกณฑ์ E_1/E_2 = 65/65 ซึ่งค่า E_1 ที่หาได้มีค่าเท่ากับ 73.42 และค่า E_2 มีค่าเท่ากับ 65.00 หรือค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ที่หาได้ E_1/E_2 = 73/65 จะเห็นได้ว่า ค่า E_1 สูงกว่าเกณฑ์ที่วางไว้และค่า E_2 เท่ากับเกณฑ์ที่วางไว้ แสดงว่ากิจกรรมจรวดขวดน้ำนั้นมีประสิทธิภาพสามารถยอมรับได้

1.10 นำกิจกรรมจรวดขวดน้ำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 คน เมื่อหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 แล้วพบว่าค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 69/70

2. แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

2.1 ศึกษาเอกสาร คู่มือ หนังสือและสื่อจากแหล่งสืบค้นต่างๆ เกี่ยวกับวิธีสร้างแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

2.2 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบวินิจฉัยให้เหตุผลในการเลือกคำตอบมี 2 ตอน คือตอนที่ 1 ประสบการณ์เกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน จำนวน 2 ข้อและตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ จำนวน 10 ข้อ เลือกตอบข้อละ 1 คะแนน ให้เหตุผลข้อละ 2 คะแนน รวมคะแนน 30 คะแนน แล้วเฉลี่ยเหลือ 10 คะแนน ไปรวมกับคะแนนสอบปลายภาคเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการวัดและประเมินผลในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ใช้เวลา 30 นาที

2.3 นำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อหาข้อบกพร่องและนำไปปรับปรุงแก้ไข

2.4 นำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดกับข้อคำถาม รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังต่อไปนี้

2.4.1 นายวรรณวิทย์ ควนวิไล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการกับกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน

2.4.2 นางอโณทัย ชูยก ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านคลองแคว ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ

2.4.3 นายอุดมศักดิ์ จันทร์จำปา ครูชำนาญการ โรงเรียนโมคลานประชาสรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยจรวดขวดน้ำ

2.5 นำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาตรวจให้คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

มีความแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ให้คะแนน 1 คะแนน

ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ให้คะแนน 0 คะแนน

มีความแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ให้คะแนน -1 คะแนน

2.6 นำผลจากการให้คะแนนข้อคำถามในแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) ตามสูตร

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

เมื่อ ΣR คือผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดเกณฑ์ค่า IOC แต่ละข้อคำถาม ดังนี้

ค่า IOC ต่ำกว่า 0.4 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นไม่ควรใช้

ค่า IOC ระหว่าง 0.4 – 0.6 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นควรนำไปปรับปรุงก่อนใช้

ค่า IOC มากกว่า 0 6 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นสามารถนำไปใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดกับข้อคำถามด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำพบว่าข้อคำถามทั้ง 10 ข้อ นั้นสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

2.7 นำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำไปหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (เฉพาะส่วนที่เลือกตอบ) โดยนำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 -4/5 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร จำนวน 5 ห้องเรียนๆ ละ 3 คน ประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อน อย่างละ 1 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 15 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) (กลุ่มเดียวกับข้างต้น) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ หากนักเรียนตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบเลย ให้ 0 คะแนน โดยหาค่าความยากง่ายจากสูตร

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

เมื่อ P คือค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

R คือจำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือจำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

การแปลความหมายจากค่าความยากง่าย แต่ละข้อ มีดังนี้

< 0.2 หมายถึงเป็นแบบทดสอบที่ยากเกินไป

0.2 – 0.8 หมายถึงเป็นแบบทดสอบที่มีความยากง่ายปานกลาง

>0.8 หมายถึงเป็นแบบทดสอบง่ายเกินไป

ผลวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำพบว่าข้อที่ 7 ข้อที่ 8 และข้อที่ 10 เป็นแบบทดสอบง่ายเกินไป ส่วนข้ออื่นๆ เป็นแบบทดสอบที่มีความยากง่ายปานกลาง ซึ่งค่าความยากง่ายที่สามารถยอมรับได้อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 แต่เนื่องจากแบบทดสอบชุดนี้ต้องการให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบด้วย ฉะนั้นข้อที่ 7 ข้อที่ 8 และข้อที่ 10 จึงอนุโลมให้ใช้ได้

2.8 นำแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ไปหาค่าอำนาจจำแนกโดยนำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1-4/5 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร จำนวน 5 ห้องเรียนๆ ละ 3 คน ประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อนอย่างละ 1 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 15 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน คือหากนักเรียนตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบเลยให้ 0 คะแนน รวมคะแนนและเรียงคะแนนจากมากไปน้อย แล้วแบ่งกลุ่มใหม่ เป็นกลุ่มเก่ง ในที่นี้คะแนนสูงสุดคือ 8 คะแนน ซึ่งมี 6 คนและกลุ่มอ่อนในที่นี้มีคะแนน 4 – 5 คะแนน ซึ่งมี 4 คน นักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน รวม 10 คน แล้วนำมาแทนค่าในสูตร

$$D = \frac{R_U \quad R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ D คือค่าอำนาจจำแนก

R_U คือจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือจำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

การแปลความหมายจากค่าอำนาจจำแนก แต่ละข้อ มีดังนี้

< 0.2 หมายถึงเป็นแบบทดสอบที่ใช้ไม่ได้ มีค่าอำนาจจำแนกไม่ดี

0.2 ขึ้นไป หมายถึงเป็นแบบทดสอบที่ใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกดี

ผลวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำพบว่า แบบทดสอบทุกข้อมีค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป จึงเป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

3. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ เป็นการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสรรค์สร้างความรู้ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 กิจกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตร เอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำแผนการจัดการเรียนรู้และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการสรรค์สร้างความรู้ด้วยตนเองและกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ

3.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในรายวิชารายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2554

3.3 ศึกษาและกำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 เพื่อเลือกใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำจำนวน 4 กิจกรรม บูรณาการให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2554 รายละเอียดดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของฟิสิกส์และการวัด เลือกใช้กิจกรรมที่ 1 เรื่องการวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัดและกิจกรรมที่ 2 เรื่องการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ สำหรับเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดและออกแบบการทำจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 ชั่วโมง

3.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แรงและการเคลื่อนที่ เลือกใช้กิจกรรมที่ 3 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียนและกิจกรรมที่ 4 เรื่องการแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ สำหรับตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำและการประยุกต์ใช้ จำนวน 6 ชั่วโมง

3.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำซึ่งประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้

3.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้

3.4.2 ตัวชี้วัดแบบบูรณาการ

3.4.3 ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.4.4 สาระการเรียนรู้

3.4.5 กิจกรรมการเรียนรู้

3.4.6 กิจกรรมเสนอแนะ /กิจกรรมต่อเนื่อง

3.4.7 หลักฐาน/ชิ้นงาน/ภาระงาน

3.4.8 สื่อการเรียนรู้

3.4.9 แหล่งเรียนรู้

3.4.10 การวัดและประเมินผล

3.4.11 เอกสารประกอบแผนการจัดการเรียนรู้

3.4.12 แบบสรุปผลจัดการเรียนรู้

3.5 นำแผนจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาความสอดคล้องของการจัดการเรียนรู้ตามหัวข้อข้างต้น หาข้อบกพร่องและนำไปปรับปรุง แก้ไข

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามระเบียบวิธีวิจัยแบบ One - group pretest - posttest design (พิสณุ ฟองศรี, 2550, 128) ซึ่งมีลักษณะการวิจัยแบบกลุ่มเดียวมีการวัดก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสรรค์สร้างความรู้ด้วยจรวดขวดน้ำ สามารถเขียนแบบแผนการทดลองได้ดังตาราง

ตารางที่ 3.1 แบบแผนการทดลอง

Pre test	**การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ**		**Post test**
ระดับความเข้าใจ	แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์	แผนการเรียนไทย - สังคม	ระดับความเข้าใจ
SU	ชั้น ม.4/1	ชั้น ม.4/3	SU
PU	ชั้น ม.4/2	ชั้น ม.4/4	PU
PU/SM		ชั้น ม.4/5	PU/SM
SM			SM
NU			NU

สำหรับความหมายของระดับความเข้าใจในมโนคติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ทั้ง 5 ระดับ มีดังนี้

1. ระดับ SU คือระดับที่นักเรียนมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง ครบสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. ระดับ PU คือระดับที่นักเรียนมีความเข้าใจเพียงบางส่วน (Partial Understanding : PU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบสมบูรณ์ทั้งหมด ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

3. ระดับ PU/SM คือระดับที่นักเรียนมีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU/SM) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลถูกบางส่วนและมีบางส่วนไม่ถูกต้อง ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

4. ระดับ NU คือระดับที่นักเรียนไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายเหตุผล หรืออธิบายเหตุไม่ตรงกับคำตอบที่เลือกไว้ หรือเลือกคำตอบผิด ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

5. ระดับSM คือระดับที่นักเรียนมีแนวความคิดที่ผิดพลาด (Specific Misconception : SM) หมายถึงนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 กิจกรรม ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 - ม.4/5 จำนวน 2 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที เป็นเวลา 10 คาบ

3. ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ

4. ตรวจคะแนนและนำผลคะแนนไปวิเคราะห์ทางสถิติตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ให้นักเรียนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำตามแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วทำวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. นำกระดาษคำตอบที่ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ จำนวน 10 ข้อ เลือกตอบข้อละ 1 คะแนน ให้เหตุผลข้อละ 2 คะแนน รวมคะแนน 30 คะแนน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการให้คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์การให้คะแนน									คะแนน
	ตัวเลือก					เหตุผล				
	ถูก	ไม่ตอบ / ตอบผิด	ถูกต้อง	ถูกเป็นส่วนใหญ่	ถูกกึ่งหนึ่ง	ถูกบ้าง	ไม่ตอบ / ตอบผิด	ตอบคลาดเคลื่อน/ไม่เกี่ยว	เข้าใจผิด	
	1	0	2	1.5	1	0.5	0	-1	-2	3
ระดับ SU	✓		✓							3
	✓			✓						2.5
ระดับ PU	✓				✓					2
		✓	✓							
		✓		✓						1.5
ระดับ	✓					✓				
PU/SM	✓						✓			1
		✓			✓					0.5
	✓							✓		
ระดับ NU		✓					✓			0
		✓						✓		
ระดับ SM	✓								✓	-1
		✓							✓	-2

2. เปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t – test) แล้วนำเสนอเป็นตารางประกอบความเรียง

3. เปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์หลังการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนไทย – สังคม โดยใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t – test) แล้วนำเสนอเป็นตารางประกอบความเรียง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาใช้สถิติ ดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐานใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน ใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t – test)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ที่จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำก่อนและหลังเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์กับแผนการเรียนไทย - สังคม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ตามรายละเอียดดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมายของข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
r	แทน	ค่า Correlation
t	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้ Paired Samples t- test
p - value	แทน	นัยสำคัญทางสถิติ
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนและหลังเรียน

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์หลังการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนไทย - สังคม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบโดยใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t- test) พบว่า $t_{50,0.01} = -3.400$ $r = 0.362$ และ $p - value = 0.001$ นั่นคือก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ตาราง 4.1-4.2)

ตารางที่ 4.1 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ก่อนและหลังเรียน (รายคน)

แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ -คณิตศาสตร์								แผนการเรียนไทย - สังคม							
คนที่	ม.4/1		คนที่	ม.4/2		คนที่	ม.4/3		คนที่	ม.4/4		คนที่	ม.4/5	
	ก่อน (30)	หลัง (30)		ก่อน (30)	หลัง (30)		ก่อน (30)	หลัง (30)		ก่อน (30)	หลัง (30)		ก่อน (30)	หลัง (30)
1	7.0	13.5	14	3.5	8.5	25	5.0	11.5	36	5.0	7.0	46	4.0	5.0
2	4.0	8.5	15	8.0	9.0	26	2.5	-3.5	37	6.0	12.5	47	5.0	10.0
3	10.0	10.0	16	3.5	10.0	27	7.0	11.5	38	7.0	7.0	48	7.0	16.0
4	11.0	15.5	17	7.0	10.5	28	4.5	3.5	39	10.5	10.0	49	9.0	6.0
5	7.5	12.0	18	7.0	7.0	29	3.5	4.0	40	4.0	1.5	50	8.5	6.0
6	-1.5	6.0	19	-1.0	5.5	30	4.5	4.5	41	6.0	8.5	51	9.5	17.5
7	2.5	26.5	20	3.5	-1.5	31	2.5	5.5	42	8.5	8.0	52	8.5	11.5
8	12.5	12.5	21	3.0	6.0	32	7.0	6.5	43	7.0	18.5	53	4.0	3.0
9	12.5	10.0	22	3.0	5.5	33	3.5	2.5	44	7.0	4.5	54	4.0	7.5
10	4.0	6.0	23	2.0	4.5	34	9.0	7.5	45	6.0	11.0			
11	11.5	12.5	24	8.5	4.5	35	3.5	9.0						
12	6.0	3.0												
13	6.5	3.0												

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ก่อนและหลังเรียน

รายการประเมิน	หลังเรียน		ก่อนเรียน		t	p – value
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
ความเข้าใจในมโนมติ	5.94	3.05	8.19	5.05	-3 40	.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์หลังการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนไทย – สังคม

1. ผู้วิจัยได้นำคะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนเรียนและหลังเรียน มาหาความถี่และร้อยละระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ตาราง 4.3) พบว่า

1.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ก่อนเรียนมีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM มากที่สุด ร้อยละ 41.54 หลังเรียน พัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 23.85 และ 16.15 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ลดลง ร้อยละ 29.23 16.92 และ 13.85 ตามลำดับ

1.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ก่อนเรียนมีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM มากที่สุด ร้อยละ 58.18 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 10.91 และ 1.82 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ลดลง ร้อยละ 51.82 19.09 และ 16.36 ตามลำดับ

1.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ก่อนเรียนมีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM มากที่สุด ร้อยละ 61.82 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 28.18 และ 10.91 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 20.91 และ 9.09 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30.91

1.4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ก่อนเรียนมีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM มากที่สุด ร้อยละ 55.00 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 25.00 และ 6.00 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 36.00 และ 17.00 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.00

1.5 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ก่อนเรียนมีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM มากที่สุด ร้อยละ 63.33 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 7.78 และ 13.33 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 47.78 และ 25.56 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.56

1.6 นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ก่อนเรียน ส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 49.17 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 17.92 และ 9.58 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ลดลง ร้อยละ 39.58 17.92 และ 15.00 ตามลำดับ

1.7 นักเรียนแผนการเรียนไทย - สังคม ก่อนเรียน ส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 60.00 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 22.67 และ 8.33 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 34.00 และ 16.67 ตามลำดับ แต่ระดับ SM เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18.33

1.8 ในภาพรวม ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 55.19 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 20.56 และ 8.89 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 36.48 และ 17.22 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.85

ตารางที่ 4.3 ความถี่และร้อยละของระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ชั้น	ความถี่ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์									
	SU		PU		PU/SM		NU		SM	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ม.4/1	8	21	18	31	54	38	30	22	20	18
	6.15	16.15	13.85	23.85	41.54	29.23	23.08	16.92	15.38	13.85
ม.4/2	0	2	1	12	64	57	25	21	20	18
	0.00	1.82	0.91	10.91	58.18	51.82	22.73	19.09	18.18	16.36
ม.4/3	0	12	2	31	68	23	24	10	16	34
	0.00	10.91	1.82	28.18	61.82	20.91	21.82	9.09	14.55	30.91
ม.4/4	2	6	5	25	55	36	35	17	3	16
	2.00	6.00	5.00	25.00	55.00	36.00	35.00	17.00	3.00	16.00
ม.4/5	2	7	0	12	57	43	27	23	4	5
	2.22	7.78	0.00	13.33	63.33	47.78	30.00	25.56	4.44	5.56

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ชั้น	ความถี่ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์									
	SU		PU		PU/SM		NU		SM	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
วิทยาศาสตร์	2.22	7.78	0.00	13.33	63.33	47.78	30.00	25.56	4.44	5.56
	8	23	19	43	118	95	55	43	40	36
คณิตศาสตร์	3.33	9.58	7.92	17.92	49.17	39.58	22.92	17.92	16.67	15.00
	4	25	7	68	180	102	86	50	23	55
ไทย – สังคม	1.33	8.33	2.33	22.67	60.00	34.00	28.67	16.67	7.67	18.33
	12	48	26	111	298	197	141	93	63	91
รวมทั้งหมด	**2.22**	**8.89**	**4.81**	**20.56**	**55.19**	**36.48**	**26.11**	**17.22**	**11.67**	**16.85**

2. ผู้วิจัยได้นำคะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนเรียนและหลังเรียน มาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจในมโนมติ (ตาราง 3.2) เพื่อเปลี่ยนเป็นระดับความเข้าใจ ทั้ง 5 ระดับ คือระดับSU ระดับ PU ระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นรายข้อและรายชั้นเรียน (ตารางผนวก จ 6 – จ 10) แล้วนำแปลผลเป็นผลพัฒนาความเข้าใจ (ตารางผนวก จ 11 – จ 15) แล้วนำมาหาความถี่และร้อยละของผลพัฒนาความเข้าใจ (ตาราง 4.4) พบว่า

2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 10 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อร้อยละ 76.92 รองลงมาคือข้อที่ 5 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทความไกลจะปล่อยจรวดขวดน้ำต้องกำหนดความดันและปริมาณน้ำให้คงที่ ปล่อยด้วยมุม 45 องศา จะทำให้จรวดไปไกลที่สุด ร้อยละ 45.83 น้อยที่สุดคือข้อที่ 2 ระยะทางและการกระจัดมีความหมายแตกต่างกัน ข้อที่ 3 สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำได้แต่หาอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำไม่ได้และข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 23.08

2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 63.64 รองลงมาคือข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำ

ที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดและข้อที่ 2 ระยะทางและการกระจัดมีความหมายแตกต่างกันร้อยละ 45.54 น้อยที่สุดคือข้อที่ 3 สามารถหาความเร็วได้แต่หาอัตราเร็วไม่ได้และข้อที่ 7 เมื่อกำหนดปริมาณน้ำและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลมากเมื่อเพิ่มอัดลมให้มาก การยิงจรวดให้แม่นยำจึงต้องคำนวณปริมาณความดันให้เหมาะสมร้อยละ 9.09

2.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำร้อยละ 81.82 รองลงมาคือข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยและข้อที่ 6 เมื่อกำหนดความดันและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลได้โดยการเติมน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำมาก เป็นการเพิ่มมวลทำให้จรวดตกมาเร็วเพราะน้ำจะเป็นตัวชะลอเวลาอากาศที่อยู่ในภายขวดออกมาช้ากว่าปกติ ฉะนั้นควรเติมน้ำในปริมาณ 1/3 ของขวดร้อยละ 63.64 น้อยที่สุดคือข้อที่ 3 สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำได้แต่หาอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำไม่ได้และข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 9.09

2.4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 6 เมื่อกำหนดความดันและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลได้โดยการเติมน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำยิ่งมากจะทำให้จรวดไปได้ไกล (การเติมน้ำมาก เป็นการเพิ่มมวลทำให้จรวดตกมาเร็วเพราะน้ำจะเป็นตัวชะลอเวลาอากาศที่อยู่ในภายขวดออกมาช้ากว่าปกติ ฉะนั้นควรเติมน้ำในปริมาณ 1/3 ของขวด) และข้อที่ 10 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อร้อยละ 60.00 รองลงมาคือข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดและข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 50.00 น้อยที่สุดคือข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 0.00

2.5 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 77.78 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดร้อยละ 66.67 รองลงมาคือข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 55.56 น้อยที่สุดคือข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 11.11

2.6 นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยและข้อที่ 10 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ ร้อยละ 54.17 รองลงมาคือข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวด ข้อที่ 5 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทความไกลจะปล่อยจรวดขวดน้ำต้องกำหนดความดันและปริมาณน้ำให้คงที่ ปล่อยด้วยมุม 45 องศา จะทำให้จรวดไปไกลที่สุด และข้อที่ 8 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ร้อยละ 45.83 น้อยที่สุดคือข้อที่ 3 สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำได้แต่หาอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำไม่ได้ร้อยละ 16.67

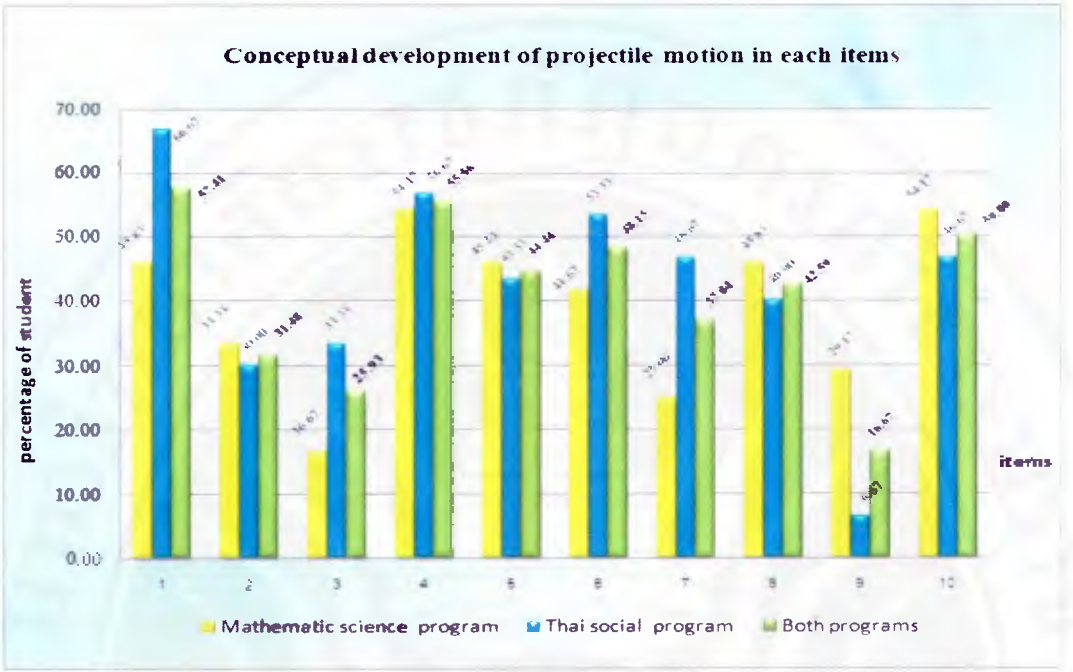
2.7 นักเรียนแผนการเรียนไทย - สังคม มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 93.33 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดร้อยละ 66.67 รองลงมาคือข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 56.67 น้อยที่สุดคือข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 6.67

2.8 ในภาพรวมนักเรียน มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 96.30 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดร้อยละ 57.41 รองลงมาคือข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 55.56 น้อยที่สุดคือข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 16.67

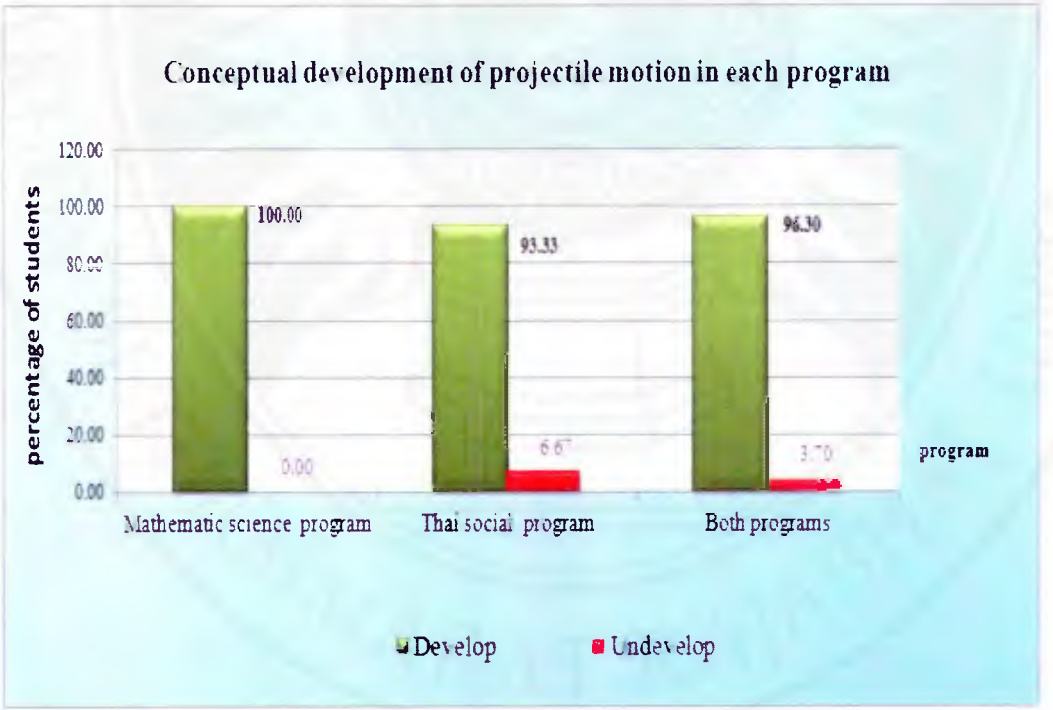
2.9 นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีผลพัฒนาความเข้าใจสูงกว่านักเรียนแผนการเรียนไทย - สังคมร้อยละ 6.67 โดยที่นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 นักเรียนแผนการเรียนไทย - สังคมร้อยละ 93.33 (ภาพที่ 4.1-4.2)

ตารางที่ 4.4 ความถี่และร้อยละของการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ชั้น	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
ม.4/1	6	3	3	6	8	7	5	7	3	10	13
	46.15	23.08	23.08	46.15	61.54	53.85	38.46	53.85	23.08	76.92	100.00
ม.4/2	5	5	1	7	3	3	1	4	4	3	11
	45.45	45.45	9.09	63.64	27.27	27.27	9.09	36.36	36.36	27.27	100.00
ม.4/3	9	4	1	7	6	7	6	6	1	6	11
	81.82	36.36	9.09	63.64	54.55	63.64	54.55	54.55	9.09	54.55	100.00
ม.4/4	5	2	6	5	4	6	4	4	0	6	10
	50.00	20.00	60.00	50.00	40.00	60.00	40 00	40.00	0.00	60.00	100.00
ม.4/5	6	3	3	5	3	3	4	2	1	2	7
	66.67	33.33	33.33	55.56	33.33	33.33	44.44	22.22	11.11	22.22	77.78
วิทย์ -คณิต	11	8	4	13	11	10	6	11	7	13	24
	45.83	33.33	16.67	54.17	45.83	41.67	25.00	45.83	29.17	54.17	**100.00**
ไทย – สังคม	20	9	10	17	13	16	14	12	2	14	28
	66.67	30.00	33.33	56.67	43.33	53.33	46.67	40.00	6.67	46.67	**93.33**
รวมทั้งหมด	31	17	14	30	24	26	20	23	9	27	52
	57.41	31.48	25.93	55.56	44.44	48.15	37.04	42.59	16.67	50.00	**96.30**



ภาพที่ 4 1 การพัฒนาความเข้าใจในมโนมติรายข้อ



ภาพที่ 4.2 ร้อยละการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติรายแผนการเรียน

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนและหลังเรียนและ 2) เพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์หลังการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนไทย – สังคม ทั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยคือ 1) หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และ 2) หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ มีการพัฒนาระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าแผนการเรียน ไทย – สังคม โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 54 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียน 5 ห้องเรียนเป็นชั้นภูมิ เป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 24 คน แผนการเรียนไทย – สังคม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) กิจกรรมจรวดขวดน้ำ 2) แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมจรวดขวดน้ำ จำนวน 4 กิจกรรม คือ 1) การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด 2) การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ 3) การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน และ 4) การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้มีการทดสอบก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ซึ่งเป็นแบบวินิจฉัยให้เหตุผล จำนวน 10 ข้อ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และการทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t – test) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผล อภิปรายผลพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะตามลำดับขั้นตอนดังนี้

สรุป

จากการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการนำคะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบโดยใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired Samples t- test) พบว่า r = 0.362 $t_{\alpha 0.01}$ = 3.400 และ p – value = 0.001 แสดงว่า หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ในภาพรวม ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 55.19 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 20.56 และ 8.89 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 36.48 และ 17.22 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.85 โดยที่นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ก่อนเรียน ส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 49.17 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 17.92 และ 9.58 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ลดลง ร้อยละ 39.58 17.92 และ 15.00 ตามลำดับ สำหรับนักเรียนแผนการเรียนไทย - สังคม ก่อนเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 60.00 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 22.67 และ 8.33 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 34.00 และ 16.67 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18.33

3. หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนมีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 96.30 โดยที่นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 100.00 สำหรับนักเรียนแผนการเรียนไทย – สังคม มีผลพัฒนาความเข้าใจร้อยละ 93.33 นั่นคือนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มีผลพัฒนาความเข้าใจสูงกว่านักเรียนแผนการเรียนไทย – สังคมร้อยละ 6.67 ทั้งนี้นักเรียนส่วนใหญ่มีผลพัฒนาความเข้าใจข้อที่ 1 การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดร้อยละ 57.41 รองลงมาคือข้อที่ 4 การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวด เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อยร้อยละ 55.56 น้อยที่สุดคือข้อที่ 9 ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนตามความเร่งที่คงที่และความเร็วในแนวระนาบคงที่ร้อยละ 16.67

อภิปรายผล

จากผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

เมื่อนำคะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ ก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบโดยใช้การทดสอบแบบจับคู่ (Paired samples t- test) พบว่า r = 0.362 $t_{39,0.01}$ = 3.400 และ p – value = 0.001 นั่นคือ ก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมติฐานข้อที่ 1

ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้รูปแบบการเรียน 7E นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากประสบการณ์เดิมและจากการทดลองด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำทั้ง 4 กิจกรรม ซึ่งนักเรียนได้ทำการวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ การเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียนและนอกสถานศึกษาที่หน่วยงานต่างๆ จัดขึ้นทั้งในระดับเขต ระดับภาคและระดับประเทศ โดยนักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองเป็นกลุ่มและรายบุคคล ทำให้เกิดผลงานหรือชิ้นงานและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีความหมายและสนุกสนาน เป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหา

สอดคล้องกับงานวิจัยของสมใจ สุริยะ (2549, บทคัดย่อ), วิชัย มะธิปิไข (2459, บทคัดย่อ); ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์ (2549, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้การสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้แบบรูปแบบการเรียน 7E และการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กิจกรรมซึ่งพบว่าผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ รูปแบบการเรียน 7E ด้วยกิจกรรมสูงกว่าการสอนแบบปกติทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญและช่วยป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดความคิดที่ผิดพลาดได้ ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายและมีแนวความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ของนักเรียนในระดับชั้นต่างๆ

หลังจากได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วทำให้นักเรียนพัฒนาระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ร้อยละ 96.30 โดยแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ พัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ร้อยละ 100.00 แผนการเรียนไทย – สังคม พัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ร้อยละ 93.33 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ พัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สูงกว่าแผนการเรียนไทย – สังคมร้อยละ 6.67 และในภาพรวมก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 55.19 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ

20.56 และ 8.89 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 36.48 และ 17.22 ตามลำดับ เป็นไปตามสมติฐานข้อที่ 2

สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์ (2553, บทคัดย่อ) ซึ่งทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนกู่แก้ววิทยา 1 ห้องเรียน จำนวน 42 คน เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson & Hewson (2003) ผลการศึกษาพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน (Pre-conception) ตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจไปจนถึงความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์แต่หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson & Hewson (2003) พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียนที่เป็นลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง โดยมีนักเรียนร้อยละ 88.09 มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้อง

แต่ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำทำให้นักเรียนพัฒนาระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ร้อยละ 96.30 โดยที่นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ก่อนเรียน ส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 49.17 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 17.92 และ 9.58 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM ระดับ NU และระดับ SM ลดลง ร้อยละ 39.58 17.92 และ 15.00 ตามลำดับ สำหรับนักเรียนแผนการเรียนไทย -สังคม ก่อนเรียน ส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับ PU/SM ร้อยละ 60.00 หลังเรียนพัฒนาไปอยู่ในระดับ PU และระดับ SU ร้อยละ 22.67 และ 8.33 ตามลำดับ ส่วนความเข้าใจในระดับ PU/SM และระดับ NU ลดลง ร้อยละ 34.00 และ 16.67 ตามลำดับ แต่ระดับ SM กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18.33

ทั้งนี้เนื่องมาจากมโนมติเหล่านั้นได้เกาะแน่นฝังใจนักเรียนเป็นผลให้แก้ไขเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ยาก ดังที่ประมวล วิโย (2551, 68) ได้สรุปว่าระบบความเชื่อ ประสบการณ์ ความเชื่อโดยสามัญสำนึกที่มีอยู่เดิม การพยายามสร้างความหมายจากประสบการณ์ของตนเอง ส่วนมากแตกต่างไปจากแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้สิ่งนั้นจากโรงเรียน ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาหรือในกลุ่มของผู้เรียนด้วยกันเองและแนวความคิดเหล่านั้นมีความคงทนต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนเกิดความไม่มั่นใจในโนมติเดิมที่มีอยู่แล้ว กล่าวคือนักเรียนได้เผชิญกับเหตุการณ์แปลกๆ ที่หาข้อสรุปไม่ได้ และคลายความเชื่อถือต่อมโนมติที่ตนเองมีอยู่ในแง่ความสามารถในการแก้ปัญหาเหล่านั้น หรือมีแนวคิดใหม่ที่ไม่เป็นที่ยอมรับกับความรู้ทางฟิสิกส์ในปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่สามารถนำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำไปพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของชั้นอื่นๆ หรือแผนการเรียนอื่นๆ ได้

1.2 ครูผู้สอนควรนำเอาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรม จรวดขวดน้ำตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียน 7E ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำในการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติในรายวิชาอื่นและชั้นอื่นๆ

2.2 ควรศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ ความพึงพอใจในการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติในเนื้อหา รายวิชา ชั้นเรียนหรือแผนการเรียนอื่นๆ

2.3 ควรเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียน 7E กับการจัดการเรียนรู้แบบอื่นๆ

2.4 ควรทำการศึกษาการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติของเนื้อหาอื่นๆ ด้วยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจ เช่น กิจกรรมเครื่องบินกระดาษพับ กิจกรรมหุ่นยนต์ กิจกรรมเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์** กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

กุศลิน มุสิกุล. (2553). ทำไมต้องเปลี่ยนการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21**. วารสารครูวิทยาศาสตร์** ปีที่ 17 มกราคม – ธันวาคม 2553, 11 -15.

กันตวิชญ์ มะโนคำ (2552). **การพัฒนาชุดกิจกรรมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ PDCA เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน.** สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กอบชัย เดชหาญ (2552). **วิศวะปี 1 สจล.ตกฟิสิกส์ 300 คนเล็งจัดห้องติวปรับพื้นฐาน.** หนังสือพิมพ์คมชัดลึก วันที่ 17 เมษายน 2552.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2549). การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์** ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2549 (หน้า 98 -119)

คำอุ่น เพชรนาท ธัญญา แว่นแคว้น และนริสรา สมุทรทอง. (2550). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism) เรื่อง สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เฉลิมพล ตามเมืองปัก. (2551). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL).** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เฉลิมพล รุจินิรันดร์ และสิริพัฒน์ ประโทนเทพ (2551). ระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย...จะไปถึงดวงดาวหรือจะเข้าขั้นมะเร็งระยะสุดท้าย ตอนที่ 1. **วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 26 ฉบับที่ 2 มิถุนายน – สิงหาคม 2552 (หน้า 8 – 12). Retrieved 2010-16-08. from the World Wide Web http://www.thps.org/images/stories/journal/TJP2602.pdf.

ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์. (2549). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทิศนา แขมมณี. (2547) **ศาสตร์การสอน.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท แกมมาโก้ (ประเทศไทย) จำกัด. (2554). **เครื่องยิงวัตถุ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=12-230.

_____.(2554) **เครื่องยิงวัตถุทำมุมต่างๆ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=12-225

_____. (2554). **ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจ็กไทล์**. Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=14-305.

_____. (2554). **ชุดศึกษาการตกของวัตถุ.** Retrieved 2010-11-10 from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=17-3442.

_____. (2554) **ชุดศึกษาการตกอย่างอิสระ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=17-3443.

_____.(2554) **ชุดอุปกรณ์ทำอย่างไรจึงจะไปไกลที่สุด.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=14-0591.

_____. (2554) **แอร์แทรคพร้อมปั๊มลมและเครื่องจับเวลา.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.gammaco.com/gammaco/product_detail.php?id=19-5201

บริษัท ทีช เทค จำกัด. (2554). **เครื่องยิงวัตถุ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.teachtech.co.th/product.php?id=11

_____. (2554). **เครื่องยิงวัตถุ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.teachtech.co.th/product.php?id=15.

_____. (2554) **ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและการตกแบบอิสระแบบครบชุด.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.teachtech.co.th/product.php?id=14.

_____. (2554) **ชุดยิงวัตถุด้วยมุมต่าง ๆ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.teachtech.co.th/product.php?id=27.

_____. (2554) **ชุดยิงและปล่อยวัตถุ.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www teachtech.co.th/product.php?id=19

บริษัท ทีช เทค จำกัด. (2554). **แอร์แทรคพร้อมปั๊มลม** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.teachtech.co.th/product.php?id=36.

บริษัท อีอีที จำกัด. (2554). **Arduino project** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide http://www ett.co.th

บริษัท เอส เอ เอ็น อี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด. (2554) **รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์.** Retrieved 2010-11-10. from the World Wide http://www saneengineer.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538961013&Ntype=66

ปรัชญนันท์ นิลสุข. (2543). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบจำลองสถานการณ์. **วารสารศึกษาศาสตร์** มหาวิทยาลัยบูรพา ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 (พ.ย. 2542-มี.ค. 2543) หน้า 47-58.

ปัจฉา ฉัตราภรณ์ นฤมล สุวรรณจันทร์ดี และบุรินทร์ อัศวพิภพ. (2551). เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย).**วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 กันยายน - พฤศจิกายน 2551 (หน้า 19 – 24). Retrieved 2010-16-08. from the World Wide Web http //www thps.org/images/stories/journal/TJP2503.pdf

ประมวล วิโย. (2551). **ผลการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์และคณะ** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้จัดการออนไลน์. (2551). อาจารย์ฟิสิกส์สะท้อน "โอเน็ต – เอเน็ต" ทำมาตรฐานเรียนวิทย์ตกต่ำ. **วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 มิถุนายน - สิงหาคม 2551 (หน้า 12 -13). Retrieved 2010-09-08. from the World Wide Web http //www thps.org/images/stories/journal/TJP2502.pdf

พักตร์วิภา ตะเพียนทอง. (2549) **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง**. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พัฒนชัย จันทร. (2554) **คู่มือครู แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 -6.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ,องค์การ. (2551). **คู่มือการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง "การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมจรวดขวดน้ำ"**. ปทุมธานี : องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2549) **วิธีวิทยาการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยหลักการสอน 3S + I : การบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.** กรุงเทพ ฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ

พรรัตน์ วัฒนกสิวิชช์. (2551). สรุปผลการประชุมเสวนา "ผลกระทบของการคัดเข้ามหาวิทยาลัยโดยวิธี Admissions ต่อการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา" (ตอนที่ 1/2). **วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 กันยายน - พฤศจิกายน 2551 (หน้า 6- 9). Retrieved 2010-16-08. from the World Wide Web http://www.thps.org/images/stories/journal/TJP2503.pdf

มนตรี แย้มกสิกร. (2551). การเลือกใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน: E_1/E_2 และ 90/90 Standard. **วารสารศึกษาศาสตร์** ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 เดือนตุลาคม 2550 - มกราคม 2551.

ยุทธ์ ไกยวรรณ์. (2546) **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพ ฯ : พิมพ์ดี.

ยุทธพนธ์ พูลพุทธา. (2547). **การเปรียบเทียบแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการมองเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนของ Wittrock กับ สสวท.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วงศ์วริศ ทวีพงศธร. (2548) **การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อสร้างเสริมความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในจังหวัดนราธิวาส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิชัย มะธิปิไข. (2549). **การเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและการเห็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วัลลภ มานักม้อง. (2549). **การพัฒนาชุดกิจกรรมด้วยวิธีการสอนแบบ SSCS เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เลิศศักดิ์ ประกอบชัยยะ (2544) **รายงานการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการสอนโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สติยา ลังการ์พินธุ์. (2553). ความรู้ความสามารถของครูวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. **วารสารครูวิทยาศาสตร์** ปีที่ 17 มกราคม – ธันวาคม 2553, 16 -17.

สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์. (2552) ระบบแอดมิชชั่น : ความสำเร็จหรือล้มเหลวของการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในสถาบันอุดมศึกษา **วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 26 ฉบับที่ 1 มีนาคม - พฤษภาคม 2552 (หน้า 23 - 28). 2010-16-08.from the World Wide Web http://www.thps.org/images/stories/journal/TJP2601.pdf

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,สถาบัน. (2546) **คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

สุกัญญา คลังแสง (2552) **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมติ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สุมิตร สวนสุข. (2551). ฟิสิกส์ "มัธยม"อ่อนแอ... เพราะอะไร **วารสารฟิสิกส์ไทย** ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 มิถุนายน - สิงหาคม 2551 (หน้า 14 -15). Retrieved 2010-09-08. from the World Wide Web http://www.thps.org/images/stories/journal/TJP2502.pdf

สุวิทย์ มูลคำ (2547). **กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์.** กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546) **วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.** กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สมใจ สุริยะ (2549). **การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้กับการสอนตามคู่มือการจัดการเรียนรู้.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ศุภวรรณ พรหมเพรา. (2548) **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัย.**คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ศักดา เดชมา (2549). **ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ชั้นปีที่ 1.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ศิรสา พฒันกุล. (2548). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการ.** ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา. (2547). **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่อง ร่างกายมนุษย์**. ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์ (2553). **ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อดุลย์ เขียวมูล. (2548). **การพัฒนาชุดกิจกรรมกลุ่มฝึกอบรมที่มีผลต่อการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรมด้านความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อนุวัฒน์ บุญธรรมโม. (2546). **การศึกษาและการประยุกต์ใช้งานการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม.** สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อนุสรณ์ ศรีธีระวิโรจน์. (2550). **แบบจำลองเชิงตัวเลขของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนววิถีโค้งโดยคิดแรงเสียดทานของอากาศ**. ขอนแก่น : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรุณี เรืองวิเศษ. (2554) **คู่มือครู แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน ม.4 -ม.6.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ บริษัทอักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด.

อุมาวิชนีย์ อาจพรม.(2546) **ผลการเรียนรู้จากห้องเรียนเสมือนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์.** ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อุทุมพร จามรมาน.(2553) **วิกฤตการศึกษาไทย.** กรุงเทพฯ : สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

Anne Prescott and Michael Mitchelmore (2004). **Student Misconceptions about Projectile Motion**. Retrieved 2010-09-08. from the World Wide Web http://www.merga.net.au/documents/RP722005.pdf

_____. (2005). **Teaching Projectile Motion to Eliminate Misconceptions**. Retrieved 2010-16-08. from the World Wide Web http://www emis de/proceedings/PME29/PME29RRPapers/PME29Vol4Prescott Mitchelmore.pdf

Anne Prescott and Michael Mitchelmore. (2006). **Teacher Misconceptions About Projectile Motion**. Pymble, NSW : MERGA Annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia MERGA (29th : 2006). Retrieved 2010 – 25-08. from the World Wide Web http://hdl.handle.net/1959.14/45525.

_____ (2009). **The Impact of Teacher Misconception About Projectile Motion Student Learning**. Retrieved 2010 – 25-08. from the World Wide Web http://www.recsam.edu.my/cosmed/cosmed09/AbstractsFull Papers2009/Abstract/Science%20Parallel%20PDF/Full%20Paper/S03.pdf

Bayraktar, S. (2009). Misconceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 7, 273-291.

Dılber Refik, Karaman Ibrahim and Duzgun Bahattin. (2009). **High School Students' Understanding of Projectile Motion Concepts.** Retrieved 2010-25-09. from the World Wide Web http://www.informaworld.com/openurl?genre= article&ıd=doi:10.1080/ 13803610902899 101

Easern. (2010). **Projectile Motion**. Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://www.ux1.eiu.edu/~cfadd/1150/03Vct2D/proj.html

Fosnot,C.T.(ED). (1996) **Constructivism : Theory, perspective and practice.** New York : Teacher College Press.

Illinois State University, Dept of Physics. (2004). **Percent Difference – Percent Error**. Retrieved 2010-25-02.from the World Wide Web http://www.phy.ilstu.edu/slh/Percent%20Difference%20Error.pdf

Martin, Ralph E. Jr,et al. (1994). **Teacher Science for All Children**. Massachusett : Allyn and Bacon.

Pasco. (2010). **Accessory Photogate.** Retrieved 2010-29-19. from the World Wide Web http://ems.calumet.purdue.edu/chemphys/ncrelich/PortableDocuments/Pascofiles/ Accessory%20Photogate%20ME-9204B012-06375a.pdf

_____. (2010).**Catalog 2010**. Retrieved 25.9.2010 from the World http://pasco.com.

_____. (2010).**Projectile Launcher Short/Long Version**. Retrieved 2010-29-19. from the World Wide Web http://ems.calumet.purdue.edu/chemphys/ncrelich/Portable Documents/ Pascofiles/ProjectileLauncher012-05043e.pdf

Pasco. (2010). **Time of Flight Accessory**.Retrieved 2010-29-19. from the World Wide Web http://ems.calumet.purdue.edu/chemphys/ncrelich/PortableDocuments/Pascofiles/Ti meofFlight012-05088d.pdf

Sule Bayraktar. (2007). Misconceptions of Turkish Pre-Service Teachers about Force and Motion **Internatioal Journal of Science and Mathematics Education.** Volume 7, Number 2, 273-291. Retrieved 25.9.2010 from the World Wide Web http://www.springerlink.com/content/l021787r461270t3/fulltext.pdf

Thinkquest. (2010). **The Physics of Projectile motion**.Retrieved 2010-11-10. from the World Wide Web http://library.thinkquest.org/2779/History.html

Von, Glasersfeld, E. (1989). **Constructivism education in the International Encyclopaedia of Education : Research and Studies.** New York : Pergamen Press.

Yager. (1991) The Constructivist Learning Model" **The Science Teacher,**58(6):55-56.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัสชัย สิทธิรักษ์
   อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
   ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา
   อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
   ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาขาวิชาสถิติประยุกต์และวิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ
3. นายวรรณวิทย์ ควนวิไล
   ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร
   ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการกับกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน
4. นางอโณทัย ชูยก
   ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านคลองแคว
   ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ
5. นายอุดมศักดิ์ จันทร์จำปา
   ครูชำนาญการ โรงเรียนโมคลานประชาสรรค์
   ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยจรวดขวดน้ำ

ภาคผนวก ข
แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 10 ชั่วโมง

.....

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดแบบบูรณาการ

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2

1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม. 4-6/1)

2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม. 4-6/2)

3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม. 4-6/3)

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1

เข้าร่วมกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วจัดแสดงผลงานหรือเขียนรายงานการเข้าร่วมกิจกรรม จรวดขวดน้ำให้ผู้อื่นเข้าใจ (ว 8.1 ม. 4-6/1-12)

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อนักเรียนได้ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถประดิษฐ์และเข้าร่วมกิจกรรมจรวดขวดน้ำ พร้อมทั้งนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตอย่างพอเพียงได้

สาระการเรียนรู้

1. **ด้านความรู้ (K)**

1.1 การกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ

1.2 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ

2. **ด้านทักษะกระบวนการ/กระบวนการคิด (P) กระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการด้วยหลักการสอน 3S + I**

S1 : Scientific method (วิธีการทางวิทยาศาสตร์)

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมุติฐาน
3. ออกแบบเก็บรวบรวมข้อมูล / ออกแบบทดลอง /วางแผน
4. รวบรวมข้อมูล / ทดลอง / ปฏิบัติตามแผน
5. วิเคราะห์ข้อมูล
6. สรุปผล
7. นำความรู้ไปใช้และประยุกต์ใช้ความรู้

S2 : Science process skills (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน
   1.1 การสังเกต
   1.2 การจำแนกประเภท
   1.3 การวัด
   1.4 การใช้เลขจำนวน
   1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
   1.6 การลงความเห็นจากข้อมูล
   1.7 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
   1.8 การทำนาย
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน
   2.1 การกำหนดและควบคุมตัวแปร
   2.2 การตั้งสมมุติฐาน
   2.3 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
   2.4 การทดลอง
   2.5 การตีความหมาย ข้อมูลและการลงข้อสรุป

S3 : Scientific mind (จิตวิทยาศาสตร์ / คุณสมบัติที่เอื้อต่อการเป็นนักวิทยาศาสตร์)

1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของสถานศึกษา
   - 1.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
   - 1.2 ซื่อสัตย์สุจริต
   - 1.3 มีวินัย
   - 1.4 ใฝ่เรียนรู้
   - 1.5 อยู่อย่างพอเพียง
   - 1.6 มุ่งมั่นในการทำงาน
   - 1.7 รักความเป็นไทย
   - 1.8 มีจิตสาธารณะ
2. คุณธรรมพื้นฐานสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน
   - 2.1 ความซื่อสัตย์
   - 2.2 ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม
   - 2.3 ความมีระเบียบวินัยและรอบคอบ
   - 2.4 ความประหยัด
   - 2.5 ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
   - 2.6 ความมีเหตุผล
   - 2.7 การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่มีเหตุผล

I : Integration (บูรณาการ)

1. กิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ
2. ภาษาไทย
   - 2.1 การเลือกอ่านหนังสือ
   - 2.2 การย่อเรื่องจากที่อ่าน
   - 2.3 การเขียนอธิบาย
   - 2.4 ภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร
   - 2.5 การสรุปความ จับประเด็นจากการฟัง
3. ศิลปะ
   - 3.1 การเขียนภาพ - ตัวอักษร
   - 3.2 การตกแต่งจรวดขวดน้ำ

4. สังคม

4.1 บทบาทหน้าที่

4.2 ปฏิสัมพันธ์ที่ดีงามต่อกัน

5. ภาษาต่างประเทศ

5.1 ฟัง พูด อ่าน และเขียน คำศัพท์ที่เกี่ยวกับจรวดขวดน้ำเป็นภาษาอังกฤษ

5.2 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำเป็นภาษาอังกฤษ

6. คณิตศาสตร์

6.1 การใช้ตัวเลข บวก ลบ คูณ หาร

7. เศรษฐกิจพอเพียง

7.1 ความพอประมาณ (พอดี 5 ประการ)

7.1.1 พอดีด้านจิตใจ เข้มแข็ง มีจิตสำนึกที่ดี เอื้ออาทร ประนีประนอม นึกถึงประโยชน์ส่วนรวม

7.1.2 พอดีด้านสังคม ช่วยเหลือเกื้อกูล รู้รักสามัคคี สร้างความเข้มแข็งให้ครอบครัวและชุมชน

7.1.3 พอดีด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รู้จักใช้และจัดการอย่างฉลาดและรอบคอบและเกิดความยั่งยืนสูงสุด

7.1.4 พอดีด้านเทคโนโลยี รู้จักใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและสอดคล้องต่อความต้องการเป็นประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อมและเกิดประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อมและเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมและพัฒนาจากภูมิปัญญาชาวบ้านก่อน

7.1.5 พอดีด้านเศรษฐกิจ เข้าใจสภาพรายได้รายจ่าย และการใช้ทรัพยากรของตนเอง ครอบครัว และชุมชน เพื่อประมาณตนได้ถูกต้อง ไม่ให้ใช้จ่ายเกินฐานะและใช้อย่างคุ้มค่า เหมาะสม แล้วมีการออมทรัพย์วางแผนการปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับเวลา สถานที่ งบประมาณและแรงงานตามที่กำหนด

7.2 ความมีเหตุผล

7.2.1 ยึดความประหยัด ตัดทอนรายจ่ายในทุกด้าน ลดความฟุ่มเฟือยในการดำรงชีวิต

7.2.2 เพิ่มพูนความดี ยึดถือการประกอบอาชีพด้วยความถูกต้อง สุจริต แม้จะตกอยู่ในภาวะขาดแคลนในการดำรงชีพ

7.2.3 ใช้เหตุผลในการวางแผนและการปฏิบัติตนเอง

7.2.4 ใช้ความรู้ทางหลักวิชาการด้วยความรู้จริง รอบคอบ ไม่เบียดเบียนผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม

7.3 การมีภูมิคุ้มกัน

7.3.1 ดูแลรักษาสุขภาพกายและใจ

7.3.2 มีการประหยัดอดออม

7.3.3 มีความรับผิดชอบต่อสังคม

7.3.4 ไม่ดำเนินชีวิตด้วยความเสี่ยง มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาตนเองให้มีความพอเพียงยิ่ง ๆ ขึ้น

7.4 เงื่อนไขความรู้

7.4.1 มีความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ตนอาศัยอยู่ สามารถสืบค้นข้อมูลตามแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

7.5 เงื่อนไขคุณธรรม

7.5.1 ขยันอดทนมีความรับผิดชอบในการเรียน ช่วยเหลือ แบ่งปัน มีความสามัคคีภายในกลุ่ม ประหยัดและอดออม

8. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

8.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

8.2 ซื่อสัตย์สุจริต

8.3 มีวินัย

8.4 ใฝ่เรียนรู้

8.5 อยู่อย่างพอเพียง

8.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

8.7 รักความเป็นไทย

8.8 มีจิตสาธารณะ

กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของจรวดขวดน้ำแบบบูรณาการด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 7E

ชั่วโมงที่ 1 – 2

1. Elicitation (E1 : ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม)

2.1 ทักทายแนะนำ ตรวจสอบรายชื่อและความพร้อมของการเรียน

2.2 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

2.3 นักเรียนแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของตนเกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำให้เพื่อนฟัง

2. Engagement (E2 : ขั้นสร้างความสนใจ)

2.1 นักเรียนดูคลิปการแข่งขันจรวดขวดน้ำ การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำรูปแบบต่างๆ จากสื่ออินเทอร์เน็ต เช่น รายการโทรทัศน์ครู หรือผลงานรุ่นพี่ เป็นต้น

2.2 นักเรียนดูตัวอย่างผลงานนักเรียนเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ เช่น จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ ภาพถ่าย - คลิปกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ รายงานกิจกรรม และโปสเตอร์นำเสนอผลงาน เป็นต้น

3. Exploration (E3 : ขั้นสำรวจและค้นหา)

3.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ กลุ่มละ 3 - 5 คน

3.2 สมาชิกในกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง รายละเอียดตามสื่อนำเสนอด้วยโปรแกรม Power point เรื่อง กิจกรรมที่ 1.1 เฮลิคอปเตอร์ (Helicopters) เพื่อให้คุ้นชินกับการทำกิจกรรมและการเขียนรายงานกิจกรรม

3.3 มอบหมายงาน : สมาชิกของกลุ่มร่วมมือกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์หรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ซีดีรอม ห้องสมุด วารสาร หนังสือ รุ่นพี่ ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น เกี่ยวกับการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อประดิษฐ์จรวดขวดน้ำในห้องเรียนหรือประดิษฐ์สำเร็จมาแล้ว อย่างน้อย ทีมละ 1 ลำ (ดำเนินการนอกเวลา)

3.4 ระหว่างดำเนินกิจกรรม ครูคอยแนะนำ กำชับให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ และเมื่อใกล้หมดเวลาให้ทุกคนจัดโต๊ะ เก้าอี้ให้เป็นระเบียบ แยกย้ายไปเรียนวิชาถัดไป ส่วนตัวแทนนักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน

ชั่วโมงที่ 3 - 4

4. Explanation (E4 : ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป)

4.1 ทักทายและตรวจสอบการมาเรียนของนักเรียน

4.2 ติดตามการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ และตรวจสอบทีมที่สามารถประดิษฐ์จรวดขวดน้ำสำเร็จนอกเวลา แล้วร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และครูให้ความรู้เพิ่มเติม โดยใช้สื่อนำเสนอด้วยโปรแกรม Power point เรื่อง กิจกรรมที่ 1.2 การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด (ครั้งที่ 1)

4.4 สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมมือกันประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ทีมละ 1 ลำ

4.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบตารางบันทึกผลและเตรียมเขียนรายงานกิจกรรม

4.6 ครูแนะนำวิธีการทดสอบสิ่งประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ การทำสนามจรวดขวด ก่อนแยกย้ายไปทำสนามจรวดขวดน้ำ ให้ทุกคนจัดโต๊ะ เก้าอี้ให้เป็นระเบียบ ตัวแทนนักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน ส่วนคนอื่นๆ ไปสนามหน้าอาคาร 1 เพื่อร่วมกันทำสนามจรวดขวดน้ำ

4.7 ครูย้ำเรื่องการทดสอบสิ่งประดิษฐ์จรวดขวดน้ำนอกเวลา ให้นักเรียนมีความระมัดระวังในการยิงจรวดขวดน้ำและสมาชิกในกลุ่มต้องคอยดูผู้เยี่ยม คอยเตือนและระวังไม่ให้เขาอยู่ใกล้บริเวณจุดปล่อยจรวดและบริเวณที่จรวดตก

4.8 นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทดลอง กิจกรรมที่ 1 การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัดในสนาม เป็นรายกลุ่ม จนครบทุกกลุ่ม

4.9 ระหว่างทดลอง ย้ำนักเรียนให้ระมัดระวังผู้เยี่ยมชมด้วย ต้องมีการกั้นสนามทดสอบ

4.10 กลุ่มใดที่ทดลองจรวดขวดน้ำแล้วให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ไปบันทึกลงในรายงานเรื่อง "การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด" จัดทำรายงานให้เรียบร้อย และเตรียมนำเสนอในคราวต่อไป

4.11 ระหว่างดำเนินกิจกรรม ครูคอยแนะนำ กำชับให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมต่างๆ และเมื่อใกล้หมดเวลา ให้ทุกคนทำความสะอาดพื้นที่สนามทดสอบ

ชั่วโมงที่ 5 – 6

4. Explanation (E4 : ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป)

4.12 ทักทายและตรวจสอบการมาเรียนของนักเรียน

4.13 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด (ครั้งที่2) เพื่อนำรายงานกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

4.14 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน โดยอธิบายสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรมจนครบทุกกลุ่ม

4.15 นักเรียนคนอื่น ๆ บันทึกการนำเสนอหน้าชั้นเรียน สอบถามและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ

4.16 ระหว่างดำเนินกิจกรรม ครูคอยแนะนำ กำชับให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ และเมื่อใกล้หมดเวลาให้ทุกคนจัดโต๊ะ เก้าอี้ให้เป็นระเบียบ แยกย้ายไปเรียนวิชาถัดไป ส่วนตัวแทนนักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน

ชั่วโมงที่ 7 – 8

5. Elaboration (E5 : ขั้นขยายความรู้)

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ และเข้าร่วมกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำและบูสเตอร์แบบต่างๆ ที่โรงเรียนจัดให้นอกเวลา (วันที่ 9 – 10 กรกฎาคม 2554)

5.2 สมาชิกของกลุ่มร่วมมือกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ซีดีรอม ห้องสมุด วารสาร หนังสือ รุ่นพี่ ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น เกี่ยวกับการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล ประเภทแม่นยำ และประเภทสวยงาม โดยมีเป้าหมายเพื่อนำความรู้มาออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ ข้างต้นได้ ประดิษฐ์สำเร็จมาแล้วอย่างน้อยประเภทละ 2 ลำ (ดำเนินการนอกเวลา)

5.3 ระหว่างดำเนินกิจกรรม ครูคอยแนะนำ กำชับให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมต่างๆ และเมื่อใกล้หมดเวลาให้ทุกคนจัดโต๊ะ เก้าอี้ให้เป็นระเบียบ แยกย้ายไปเรียนวิชาถัดไป ส่วนตัวแทนนักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน

ชั่วโมงที่ 9 – 10

6. Evaluate (E6· ขั้นประเมินผล)

6.1 ทักทายและตรวจสอบการมาเรียนของนักเรียน

6.2 สมาชิกของกลุ่มร่วมมือกันสืบค้นข้อมูล ออกแบบและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ กลุ่มละ 3 ประเภท คือ ประเภทความไกล ความแม่นยำและความสวยงาม โดยใช้กติกาของ อพวช. และตกลงเกณฑ์การให้คะแนน (อาจปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมสอดคล้องกับการแข่งขันจรวดขวดน้ำในระดับจังหวัด ในแต่ละปี ในที่นี้ใช้เกณฑ์สถิติที่ทำได้ในปีที่แล้ว ปรับปรุงเล็กน้อยเพื่อการพัฒนา ดังนี้

6.2.1 ประเภทความไกล

กำหนดมุมยิง 45 องศา ความดัน 4 บาร์

100 เมตร	5 คะแนน
110 เมตร	6 คะแนน
120 เมตร	7 คะแนน
130 เมตร	8 คะแนน
140 เมตร	9 คะแนน
150 เมตรขึ้นไป	10 คะแนน

6.2.2 ประเภทความแม่นยำ

กำหนดเป้าห่างจากจุดยิง 70 เมตร รัศมีรอบเป้า 100 ซม.

รัศมีรอบเป้า 100 ซม. ห่างจากจุดยิง	5 คะแนน
รัศมีรอบเป้า 80 ซม. ห่างจากจุดยิง	6 คะแนน
รัศมีรอบเป้า 60 ซม. ห่างจากจุดยิง	7 คะแนน
รัศมีรอบเป้า 40 ซม. ห่างจากจุดยิง	8 คะแนน
รัศมีรอบเป้า 20 ซม ห่างจากจุดยิง	9 คะแนน
รัศมีรอบเป้า 10 ซม. ห่างจากจุดยิง	10 คะแนน

6.2.3 ประเภทสวยงาม

กำหนดมุมยิง 90 องศา

ร่มไม่กาง ไม่มีสีสัน	5 คะแนน
ร่มกางบางท่อน ไม่มีสีสัน	6 คะแนน
ร่มกางบางท่อน มีสีสัน	7 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน ไม่มีสีสัน	8 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน มีสีสัน	9 คะแนน
ร่มกางทุกท่อน มีสีสัน เทคนิค แปลกใหม่	10 คะแนน

6.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมที่ 3 การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน บันทึกผลและรายงานกิจกรรม (วันที่ 15 - 16 สิงหาคม 2554)

6.4 ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

6.5 ประเมินความพึงพอใจในการเรียน

7. Extension (E7: ขั้นนำความรู้ไปใช้)

7.1 นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

7.1.1 กิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำในงานมหกรรมวิชาการมัธยมศึกษา ประจำปี 2554

7.1.2 กิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 10 รอบคัดเลือก ภาคใต้

7.2 ตัวแทนนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ ของหน่วยงานอื่นๆ

7.3 นักเรียนจัดกิจกรรมเผยแพร่ผลงานความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในงานวันวิชาการของโรงเรียนและงานอื่นๆ

กิจกรรมเสนอแนะ / กิจกรรมต่อเนื่อง

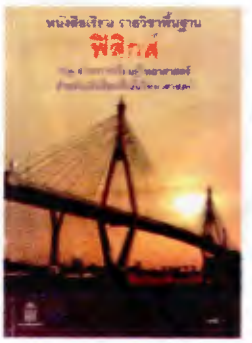
เมื่อนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 10 รอบคัดเลือก ภาคใต้ แล้ว มีสถิติ 1ใน 10 ของภาค สามารถผ่านเข้ารอบเพื่อร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำ ระดับประเทศ ครั้งที่ 10 รอบรองชิงชนะเลิศ

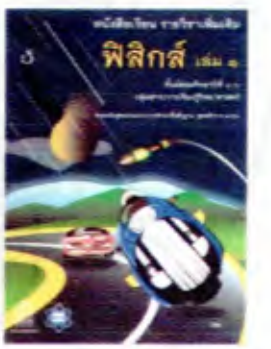
หลักฐาน / ชิ้นงาน /ภาระงาน

1. สมุดบันทึกการเรียน
2. รายงานกิจกรรมที่ 1 การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด
3. รายงานกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ
4. รายงานกิจกรรมที่ 3 การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน
5. รายงานกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ
6. ทดสอบความรู้
7. แฟ้มสะสมงาน

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อที่สืบค้นทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ
2. ตัวอย่างผลงานจรวดขวดน้ำของรุ่นพี่
3. หนังสือเรียน เช่น





แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน
2. ห้องสมุดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. ห้องสมุดประชาชน / ห้องสมุดสถาบันการศึกษา
4. แหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต
   - 4.1 http://funscience.gistda.or.th/thaiwaterrocket/waterrocket.html
   - 4.2 http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlns137/pet1/b4 htm
   - 4.3 http://rocketsdata.tht.in/page1.html
   - 4.4 http://hammerhead gistda.or.th/thaiwaterrocket/waterrocket.html

การวัดและประเมินผล

1. วิธีการวัดและประเมินผล

3.1 ด้านความรู้

1 2.1 ประเมินจากการทดสอบความรู้

3.2 ด้านทักษะและกระบวนการ

1.2.1 ประเมินจากการทำกิจกรรมที่ 1 การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

1.2.2 ประเมินจากการทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

1.2.3 ประเมินจากการทำกิจกรรมที่ 3 การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

1.2.4 ประเมินจากการทำกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

3.3 ด้านคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม

13.1 ประเมินจากการมาเรียน การส่งงาน การแต่งกาย และพฤติกรรมการเรียน

13.2 ประเมินจากการทำความดี

2. เครื่องมือวัดและประเมินผล

2.1 สมุดบันทึกการเรียน

2.2 แบบประเมินการสืบค้น

2.3 แบบประเมินการทำงานกลุ่ม

2.4 แบบประเมินการทำชิ้นงาน

2.5 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2.6 รายงานกิจกรรม

2.7 แบบทดสอบ

2.8 แฟ้มสะสมงาน

3. เกณฑ์การวัดและประเมินผล

3.1 แบบทดสอบ

ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนทำแบบทดสอบถูก ร้อยละ 50 ขึ้นไป

ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนทำแบบทดสอบถูก น้อยกว่าร้อยละ 50

3.2 สมุดบันทึกการเรียน /รายงานกิจกรรม

ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนมีระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม, ดี และ ปานกลาง

ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนมีระดับคุณภาพ ต้องปรับปรุง

3.3 แบบประเมิน

ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนมีระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม, ดี และ ปานกลาง

ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนมีระดับคุณภาพ ต้องปรับปรุง

3.4 ผลการจัดการเรียนรู้

ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนผ่านเกณฑ์ ตามข้อ 1 – 3 ร้อยละ 80 ขึ้นไป

ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนผ่านเกณฑ์ ตามข้อ 1 – 3 ต่ำกว่าร้อยละ 80

เอกสารประกอบแผนจัดการเรียนรู้

1. แบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. สื่อนำเสนอด้วยโปรแกรม Power point

2.1 กิจกรรมที่ 1.1 เฮลิคอปเตอร์

2.2 กิจกรรมที่ 1.2 การวัดจรวดขวดน้ำด้วยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

3. กิจกรรมจรวดขวดน้ำ
4. ตัวอย่างผลงานจรวดขวดน้ำของรุ่นพี่
5. เอกสารสืบค้นเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ

ภาคผนวก ค

กิจกรรมจรวดขวดน้ำ

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดขวดน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดขวดน้ำ

กิจกรรมที่ 1
เรื่อง การวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

จุดประสงค์

เมื่อเรียนจบกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ
2. วัดจรวดขวดน้ำจากการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

วัสดุ - อุปกรณ์

1. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ปีกของจรวดขวดน้ำ เช่น กระดาษ ขวด บัตรเติมเงิน ฟิวเจอร์บอร์ด เป็นต้น
2. วัสดุสำหรับประดิษฐ์หัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ท่อพีวีซี แท่งซูเปอร์ลีน แท่งไม้ เป็นต้น
3. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ลำตัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.25 ลิตร เป็นต้น
4. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น กรรไกร คัตเตอร์ กาวร้อน เลื่อย ตะไปเหล็ก แผ่นรองตัด เป็นต้น
5. เครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร ตาชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

วิธีทำ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 3 - 5 คน
2. ร่วมกันศึกษาวิธีและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ทีมละ 1 ลำ
3. วัดความยาวของปีก หัวจรวดและจรวดขวดน้ำ ทั้งลำ โดยใช้สายตา การคืบมือและเครื่องมือวัด บันทึกผล
4. วัดมวลของจรวดขวดน้ำด้วยตนเองและ เครื่องมือวัด บันทึกผล
5. วัดเวลาที่จรวดขวดน้ำเริ่มยิงจนตกถึงพื้นโดยใช้การนับในใจและเครื่องมือวัด บันทึกผล
6. วัดจุดที่จรวดขวดน้ำตกถึงพื้นโดยใช้สายตา การก้าวเท้าและเครื่องมือวัด บันทึกผล
7. เขียนรายงานการทำกิจกรรมและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

การประเมินผล

1. จรวดขวดน้ำ 1 ลำ (รายกลุ่ม)
2. รายงานกิจกรรม (รายบุคคล)

กิจกรรมที่ 2
เรื่อง การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

จุดประสงค์

เมื่อเรียนจบกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1 ประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล แม่นยำ และสวยงาม

2 ทดสอบประสิทธิภาพของจรวดขวดน้ำประเภทความไกล แม่นยำ และสวยงาม

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

วัสดุ - อุปกรณ์

1. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ปีกของจรวดขวดน้ำ เช่น กระดาษ ขวด บัตรเติมเงิน ฟิวเจอร์บอร์ด เป็นต้น
2. วัสดุสำหรับประดิษฐ์หัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ท่อพีวีซี แท่งซูเปอร์ลีน แท่งไม้ เป็นต้น
3. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ลำตัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.25 ลิตร เป็นต้น
4. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น กรรไกร คัตเตอร์ กาวร้อน เลื่อย ตะไปเหล็ก แผ่นรองตัด เป็นต้น
5. เครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร ตาชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

วิธีทำ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 3 - 5 คน
2. ร่วมกันศึกษาวิธีและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล ทีมละ 1 ลำ
3. ร่วมกันศึกษาวิธีและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทแม่นยำ ทีมละ 1 ลำ
4. ร่วมกันศึกษาวิธีและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม ทีมละ 1 ลำ
5. ทดสอบประสิทธิภาพของจรวดขวดน้ำประเภทความไกล แม่นยำ และสวยงาม บันทึกผล
6. เขียนรายงานการทำกิจกรรมและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

การประเมินผล

1. จรวดขวดน้ำประเภทความไกล 1 ลำ (รายกลุ่ม)
2. จรวดขวดน้ำประเภทแม่นยำ 1 ลำ (รายกลุ่ม)
3. จรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม 1 ลำ (รายกลุ่ม)
4. รายงานกิจกรรม (รายบุคคล)

กิจกรรมที่ 3
เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

จุดประสงค์

เมื่อเรียนจบกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนสามารถประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล แม่นยำและสวยงาม เพื่อแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

วัสดุ – อุปกรณ์

1. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ปีกของจรวดขวดน้ำ เช่น กระดาษ ขวด บัตรเติมเงิน ฟิวเจอร์บอร์ด เป็นต้น
2. วัสดุสำหรับประดิษฐ์หัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ท่อพีวีซี แท่งซูเปอร์ลีน แท่งไม้ เป็นต้น
3. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ลำตัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.25 ลิตร เป็นต้น
4. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น กรรไกร คัตเตอร์ กาวร้อน เลื่อย ตะไปเหล็ก แผ่นรองตัด เป็นต้น
5. เครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร ตาชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

วิธีทำ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 3 – 5 คน
2. ร่วมกันประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล ทีมละ 2 ลำ
3. ร่วมกันประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทแม่นยำ ทีมละ 2 ลำ
4. ร่วมกันประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม ทีมละ 1 ลำ
5. นำจรวดขวดน้ำเข้าร่วมแข่งขันในโรงเรียน บันทึกผล
6. เขียนรายงานการทำกิจกรรมและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

การประเมินผล

1. จรวดขวดน้ำประเภทความไกล 2 ลำ (รายกลุ่ม)
2. จรวดขวดน้ำประเภทแม่นยำ 2 ลำ (รายกลุ่ม)
3. จรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม 1 ลำ (รายกลุ่ม)
4. รายงานกิจกรรม (รายบุคคล)

กิจกรรมที่ 4
เรื่อง การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

จุดประสงค์

เมื่อเรียนจบกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนสามารถประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทความไกล แม่นยำหรือสวยงาม เพื่อแข่งขันจรวดขวดน้ำที่หน่วยงานอื่นๆ จัดขึ้น

เวลาที่ใช้ (นอกเวลาเรียน)

วัสดุ - อุปกรณ์

1. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ปีกของจรวดขวดน้ำ เช่น กระดาษ ขวด บัตรเติมเงิน ฟิวเจอร์บอร์ด เป็นต้น
2. วัสดุสำหรับประดิษฐ์หัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ท่อพีวีซี แท่งซูเปอร์ลีน แท่งไม้ เป็นต้น
3. วัสดุสำหรับประดิษฐ์ลำตัวของจรวดขวดน้ำ เช่น ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.25 ลิตร เป็นต้น
4. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น กรรไกร คัตเตอร์ กาวร้อน เลื่อย ตะไปเหล็ก แผ่นรองตัด เป็นต้น
5. เครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร ตาชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

วิธีทำ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 3 - 5 คน
2. ร่วมกันศึกษาวิธีและประดิษฐ์จรวดขวดน้ำเพื่อการแข่งขันตามเกณฑ์แต่ละหน่วยงาน
3. เข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันจรวดขวดน้ำที่หน่วยงานอื่นๆ จัดขึ้น
4. เขียนรายงานการทำกิจกรรม

การประเมินผล

รายงานกิจกรรม (รายบุคคล)

ตัวอย่างแบบรายงานกิจกรรม

ชื่อกิจกรรม .....

สมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ ..... สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่.....
2. ชื่อ ..... สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่.....
3. ชื่อ ..... สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่.....
4. ชื่อ ..... สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่.....
5. ชื่อ ..... สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่.....

จุดประสงค์

1. .....
2. .....

วัสดุ - อุปกรณ์

1. .....
2. .....

วิธีทำ

1. .....
2. .....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

สรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

.....

.....

ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

.....

.....

ภาคผนวก

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดค่าใช้จ่าย

ประมวลภาพกิจกรรม (ถ้ามี)

กิจกรรมที่ ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมจรวดชวดน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ขอให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของชุดกิจกรรมจรวดชวดน้ำโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในระดับความคิดเห็นและเขียนข้อความเสนอแนะเพื่อการพัฒนาตามแต่จะเห็นสมควร

ระดับความคิดเห็น	**ระดับความเหมาะสมรายฉบับ**
ระดับ 5หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วย ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย ระดับ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ระดับ A หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด มีค่าคะแนนระหว่าง 40-50 คะแนน ระดับ B หมายถึง มีความเหมาะสมมาก มีค่าคะแนนระหว่าง 35-39 คะแนน ระดับ C หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง มีค่าคะแนนระหว่าง 30-34 คะแนน ระดับ D หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย มีค่าคะแนนระหว่าง 25 - 29 คะแนน ระดับ E หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด มีค่าคะแนนระหว่าง 10 - 24

ข้อที่	**รายการประเมิน**	**ระดับความคิดเห็น**				
		5	4	3	2	1
ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
1	กิจกรรมจรวดชวดน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด					
2	กิจกรรมจรวดชวดน้ำมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในบทเรียน					
ด้านรูปแบบการจัดกิจกรรม						
3	ชื่อกิจกรรมจรวดชวดน้ำเหมาะสมกับกิจกรรม					
4	จุดประสงค์เหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรม					
5	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม					
6	วิธีทำกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4					
7	การประเมินผลเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4					
ด้านการนำไปใช้						
8	กิจกรรมจรวดชวดน้ำสามารถฝึกทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์					
9	กิจกรรมจรวดชวดน้ำสามารถฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง					
10	กิจกรรมจรวดชวดน้ำมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ของนักเรียน					
รวมคะแนนแต่ละช่องความคิดเห็น						
รวมคะแนนระดับความคิดเห็นทั้งหมด						
สรุประดับความเหมาะสมของชุดกิจกรรม						

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อการพัฒนา

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้เชี่ยวชาญ

ตารางผนวกที่ ค1 ความเหมาะสมของกิจกรรมที่ 1 การวัดจรวดขวดน้ำโดยการประมาณและอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
		1	2	3			
ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด							
1	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
2	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในบทเรียน	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
ด้านรูปแบบการจัดกิจกรรม							
3	ชื่อกิจกรรมจรวดขวดน้ำเหมาะสมกับกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
4	จุดประสงค์เหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรม	4	4	4	12	4.00	มาก
5	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	4	5	4	13	4.33	มาก
6	วิธีทำกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	5	4	4	13	4.33	มาก
7	การประเมินผลเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	4	3	4	11	3.67	มาก
ด้านการนำไปใช้							
8	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
9	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
10	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ของนักเรียน	5	4	4	13	4.33	มาก
	สรุป					**4.57**	**มากที่สุด**

ตารางผนวกที่ ค 2 ความเหมาะสมของกิจกรรมที่ 2 การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำประเภทต่างๆ

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
		1	2	3			
ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด							
1	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
2	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในบทเรียน	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
ด้านรูปแบบการจัดกิจกรรม							
3	ชื่อกิจกรรมจรวดขวดน้ำเหมาะสมกับกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
4	จุดประสงค์เหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรม	4	5	4	13	4.33	มาก
5	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
6	วิธีทำกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	5	4	4	13	4.33	มาก
7	การประเมินผลเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	4	3	4	11	3.67	มาก
ด้านการนำไปใช้							
8	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
9	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
10	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ของนักเรียน	5	4	4	13	4.33	มาก
	สรุป					**4.63**	**มากที่สุด**

ตารางผนวกที่ ค 3 ความเหมาะสมของกิจกรรมที่ 3 การแข่งขันจรวดขวดน้ำในโรงเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
		1	2	3			
ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด							
1	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
2	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในบทเรียน	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
ด้านรูปแบบการจัดกิจกรรม							
3	ชื่อกิจกรรมจรวดขวดน้ำเหมาะสมกับกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
4	จุดประสงค์เหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
5	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	4	5	4	13	4.33	มาก
6	วิธีทำกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	5	4	4	13	4.33	มาก
7	การประเมินผลเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	4	4	4	12	4.00	มาก
ด้านการนำไปใช้							
8	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
9	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
10	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ของนักเรียน	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	สรุป					**4.73**	**มากที่สุด**

ตารางผนวกที่ ค 4 ความเหมาะสมของกิจกรรมที่ 4 การแข่งขันจรวดขวดน้ำในหน่วยงานอื่นๆ

ข้อที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
		1	2	3			
ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด							
1	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
2	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในบทเรียน	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
ด้านรูปแบบการจัดกิจกรรม							
3	ชื่อกิจกรรมจรวดขวดน้ำเหมาะสมกับกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
4	จุดประสงค์เหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรม	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
5	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	4	5	4	13	4.33	มาก
6	วิธีทำกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	5	4	4	13	4.33	มาก
7	การประเมินผลเหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	3	4	4	11	3.67	มาก
ด้านการนำไปใช้							
8	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์	5	4	5	14	4.67	มากที่สุด
9	กิจกรรมจรวดขวดน้ำสามารถฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	5	4	5	14	4.67	มากที่สุด
10	กิจกรรมจรวดขวดน้ำมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ของนักเรียน	5	5	5	15	5.00	มากที่สุด
	สรุป					**4.67**	**มากที่สุด**

ตารางผนวกที่ ค 5 การหาเกณฑ์ค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม E_1/E_2 และ 90/90 Standard กับกลุ่มทดลองใช้ จำนวน 15 คน

คนที่	ชื่อ - สกุล		ชั้น	กิจกรรมที่ 1	2	3	4	หลังเรียน	รวม	ร้อยละ
				10	10	10	10	10	50	100.00
1	น.ส.นลินทิพย์	สุวรรณแก้ว	ม.4/1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	40.0	80.00
2	น.ส.ศศิวิมล	แทนด้วง	ม.4/1	10.0	10.0	9.0	10.0	8.0	47.0	94.00
3	น.ส.เสาวนีย์	พลศิริ	ม.4/1	10.0	6.0	8.0	8.0	8.0	40.0	80.00
4	นายชัยวัฒน์	ขวัญทอง	ม.4/2	8.0	5.0	5.0	8.0	7.0	33.0	66.00
5	นายสุนันท์	จันแก้ว	ม.4/2	8.0	9.0	7.0	8.0	7.0	39.0	78.00
6	น.ส.วนิดา	ทองแก้ว	ม.4/2	7.0	5.0	5.0	8.0	8.0	33.0	66.00
7	น.ส.สุพัตรา	ยกฉวี	ม.4/3	10.0	10.0	10.0	10.0	6.0	46.0	92.00
8	น.ส.ชนิษฐา	ชุมแก้ว	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	8.0	28.5	57.00
9	นายวรากร	เรืองสูง	ม.4/3	9.0	6.0	5.0	10.0	6.0	36.0	72.00
10	นายวิศิษฏ์ดิเศรษฐ์	ชูเรือง	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	25.5	51.00
11	น.ส.วราภรณ์	แก้วบุตร	ม.4/4	8.0	5.0	5.0	5.0	6.0	29.0	58.00
12	น.ส.เพ็ญนภา	ทองหนู	ม.4/4	8.0	5.0	5.0	5.0	4.0	27.0	54.00
13	น.ส.ภัทรธร	คงปาน	ม.4/5	8.0	5.0	5.0	6.0	4.0	28.0	56.00
14	นายพิเชษฐ์	นาคกรด	ม.4/5	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	26.0	52.00
15	น.ส.สิทธินันท์	นิ่มหนู	ม.4/5	8.0	7.0	6.0	8.0	8.0	37.0	74.00
				$\Sigma X = 417$				$\Sigma Y = 98$		

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X}{N}}{P} \times 100 = \frac{\frac{417}{15}}{40} \times 100 = 69.50$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma Y}{N}}{O} \times 100 = \frac{\frac{98}{15}}{10} \times 100 = 65.33$$

ร้อยละตัวแรก : ร้อยละเฉลี่ย	68.67
ร้อยละตัวที่สอง : ร้อยละของนักเรียนที่ได้ร้อยละเฉลี่ย 60.00 ขึ้นไป	60.00

สรุปผลการหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม **E_1/E_2 และ 90/90 Standard** ควรตั้งเป้าหมาย E_1/E_2 = 65/65

ตารางผนวกที่ ค 6การหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม E_1/E_2 และ 90/90 Standard กับกลุ่มทดลองใช้ จำนวน 30 คน

คนที่	ชื่อ - สกุล		ชั้น	กิจกรรมที่				หลังเรียน
				1	2	3	4	
				10	10	10	10	10
1	น.ส.จีรพรรณ	สุขบางนบ	ม.4/1	8.0	8.0	8.0	10.0	7.0
2	น.ส.ปริฉัตร	จันทร์มุณี	ม.4/1	10.0	6.0	8.0	8.0	8.0
3	น.ส.ปัทมาวรรณ	วิชัย	ม.4/1	10.0	8.0	8.0	10.0	10.0
4	น.ส.ศุภิสรา	เขียวทองจันทร์	ม.4/1	8.0	8.0	8.0	10.0	7.0
5	น.ส.วารุณี	เอียดทองคำ	ม.4/1	8.0	5.0	8.0	8.0	6.0
6	น.ส.เสาวภาคย์	เสือเทพ	ม.4/1	8.0	9.0	8.0	8.0	7.0
7	น.ส.สุวัจนีย์	รักรอด	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	7.0
8	นายชัยณรงค์	รัตนโสภณ	ม.4/2	8.0	10.0	9.0	10.0	8.0
9	นายวรัญชัย	อนงค์	ม.4/2	6.0	8.0	6.0	8.0	2.0
10	นายปวัน	พูลนวล	ม.4/2	6.0	10.0	9.0	10.0	2.0
11	น.ส.ผกายวรรณ	คงมูล	ม.4/2	7.0	5.0	5.0	8.0	6.0
12	น.ส.มนต์ฐกานต์	สุขกรง	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	8.0
13	น.ส.สุชานันท์	ศรีทวี	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	6.0
14	น.ส.ศิริพร	แก้วสุวรรณ์	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	8.0
15	นายกษณะ	สีมังมาศ	ม.4/3	8.0	10.0	6.0	9.0	7.0
16	น.ส.วิภาวดี	จันทร์สง	ม.4/3	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0
17	น.ส.กนกพร	รอดสอง	ม.4/3	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0
18	น.ส.อรอุมา	รอดรัตน์	ม.4/3	10.0	10.0	10.0	10.0	7.0

ตารางผนวกที่ ค 6 (ต่อ)

คนที่	ชื่อ	สกุล	ชั้น	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3	กิจกรรมที่ 4	หลังเรียน
				10	10	10	10	30
19	นายวีระวุฒิ	จันทร์คง	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	6.0	5.0
20	นายชลิต	วรรณศิลป์	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	6.0	5.0
21	น.ส.ภัทรวดี	คงป่าน	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0
22	น.ส.อรอุมา	เอียดชลิก	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	7.0	6.0
23	นายฐิติกร	คงหอม	ม.4/4	8.0	9.0	9.0	9.0	7.0
24	น.ส.รัชนีกร	ศรีสุขแก้ว	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	6.0	6.0
25	นายมนต์มนัส	ปลอดใจดี	ม.4/5	10.0	10.0	9.0	10.0	7.0
26	นายสัญชัย	เพ็งจันทร์	ม.4/5	8.0	5.0	7.0	9.0	6.0
27	นายวาสุเทพ	ลิมปวัฒนานนท์	ม.4/5	5.5	5.0	9.0	9.0	6.0
28	นายวุฒิไกร	แว่นนาค	ม.4/5	10.0	8.0	9.0	9.0	8.0
29	น.ส.ภารตี	ศักดิ์ศรีสมบูรณ์	ม.4/5	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
30	น.ส.สุนิษา	ดำศรีสุข	ม.4/5	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0
					$\Sigma X = 881$			$\Sigma Y = 195$

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X}{N}}{P} x100 = \frac{\frac{881}{30}}{40} x100 = 73.42$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma Y}{N}}{O} x100 = \frac{\frac{195}{30}}{10} x100 = 65.00$$

สรุปผลการหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม **E_1/E_2 และ 90/90 Standard** ของกลุ่มทดลองใช้ จำนวน 30 คน โดยตั้งเกณฑ์ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 65/65 ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 73/65

ตารางผนวกที่ ค 7 การหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม E_1/E_2 และ 90/90 Standard กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 คน

คนที่	ชื่อ – สกุล		ชั้น	กิจกรรมที่				หลังเรียน
				1	2	3	4	
				10	10	10	10	10
1	นายอัศวเทพ	มนตรี	ม.4/1	8.0	10.0	8.0	8.0	8.0
2	น.ส.กรรณิการ์	ผาสุก	ม.4/1	10.0	10.0	8.0	8.0	6.0
3	น.ส.นิภาพร	แก้วมณี	ม.4/1	10.0	9.0	8.0	10.0	8.0
4	น.ส.รวิชา	แทนด้วง	ม.4/1	10.0	10.0	8.0	10.0	10.0
5	น.ส.สุภาวดี	หนูพลเดช	ม.4/1	10.0	10.0	9.0	10.0	9.0
6	น.ส.ธัญพร	คงสุข	ม.4/1	10.0	8.0	8.0	8.0	8.0
7	น.ส.จิรนันท์	บำรุงชาติ	ม.4/1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
8	น.ส.ฤทัยทิพย์	ทองมาก	ม.4/1	10.0	5.0	8.0	8.0	7.0
9	น.ส.สุนิศา	ภิรมย์รักษ์	ม.4/1	10.0	8.0	8.0	9.0	9.0
10	นายภัทราวุธ	พิจิตร์	ม.4/1	8.0	5.0	8.0	8.0	8.0
11	น.ส.กมลทิพย์	อินทจันทร์	ม.4/1	10.0	6.0	8.0	8.0	8.0
12	น.ส.ดารารัศมี	ย่อมเยา	ม.4/1	8.0	9.0	8.0	8.0	7.0
13	น.ส.วิภาพร	รัตนญาติ	ม.4/1	10.0	9.0	8.0	8.0	7.0
14	นายปริญญา	แก้ววิลาศ	ม.4/2	6.0	7.0	9.0	8.0	8.0
15	นายสิริภิวัฒน์	พันธ์ดี	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	6.0
16	น.ส.สุดารัตน์	ไกรสยุมพร	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	5.0
17	น.ส.สลิลทิพย์	กล่อมเกลี้ยง	ม.4/2	6.0	7.0	5.0	8.0	6.0
18	น.ส.ชลิตา	บุญกุศล	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	7.0
19	น.ส.สุภาพร	พรหมพิทักษ์	ม.4/2	7.0	5.0	5.0	8.0	8.0
20	น.ส.พิมพา	แสงจันทร์แก้ว	ม.4/2	8.0	5.0	5.0	8.0	6.0
21	น.ส.กษมา	โคสุวรรณ์	ม.4/2	6.0	5.0	5.0	8.0	7.0
22	นายกนกพล	ปานนุ้ย	ม.4/2	7.0	10.0	6.0	8.0	8.0
23	นายธีรภัทร	นาไร	ม.4/2	6.0	6.0	5.0	8.0	7.0
24	น.ส.จันทร์จิรา	พรหมสมบัติ	ม.4/2	10.0	10.0	10.0	10.0	7.0

ตารางผนวกที่ ค 7 (ต่อ)

คนที่	ชื่อ - สกุล		ชั้น	กิจกรรมที่				หลังเรียน
				1	2	3	4	
				10	10	10	10	10
25	นายอภิสิทธิ์	สุขหอม	ม.4/3	6.0	5.0	5.0	5.0	7.0
26	น.ส.กาญจนา	คงสุข	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	6.0
27	น.ส.กมลชนก	ขุนศรีจันทร์	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
28	นายประยูร	ศิริรัตน์	ม.4/3	8.0	6.0	5.0	8.0	6.0
29	น.ส.สุนันทา	จันทร์สวัสดิ์	ม.4/3	6.0	5.0	5.0	6.0	7.0
30	นายสมเกียรติ	ยังชู	ม.4/3	9.0	10.0	6.0	9.0	5.0
31	น.ส.พรพิมล	มณีโชติ	ม.4/3	10.0	10.0	10.0	10.0	6.0
32	น.ส.สุภาวิณี	สุขแก้ว	ม.4/3	5.5	5.0	5.0	5.0	8.0
33	น.ส.จิราภรณ์	พันอ้น	ม.4/3	8.0	10.0	8.0	8.0	6.0
34	น.ส.เมธาณี	สงจีน	ม.4/3	7.0	5.0	5.0	5.0	7.0
35	น.ส.ลัลนา	รักดี	ม.4/3	9.0	5.0	5.0	7.0	9.0
36	นายอภิวิชญ์	นวลแก้ว	ม.4/4	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0
37	น.ส.ศรีสุดา	ต่อรบรัมย์	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	9.0
38	นายอรรถชัย	บุญเพ็ชร์	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	7.0	6.0
39	นายรัฐศาสตร์	เกิดหนู	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
40	น.ส.รัชฎาภรณ์	รักษาชล	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	6.0	6.0
41	นายณัชพล	สุวรรณมณี	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
42	นายเกียรติศักดิ์	แทนโป	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0
43	นายเทพจรัส	อินทร์ทอง	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
44	นายสุรชัย	พร้อมมณี	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	6.0
45	น.ส.กัญญา	คงดี	ม.4/4	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0

ตารางผนวกที่ ค 7 (ต่อ)

คนที่	ชื่อ - สกุล		ชั้น	กิจกรรมที่				หลังเรียน
				1	2	3	4	
				10	10	10	10	10
46	นายนพดล	ขุนศักดิ์	ม.4/5	5.5	5.0	5.0	5.0	6.0
47	นายธรณ์เทพ	ราษรงค์	ม.4/5	8.0	10.0	9.0	9.0	7.0
48	น.ส.สุนิสา	เกิดแก้ว	ม.4/5	6.0	7.5	5.0	5.0	7.0
49	น.ส.อังคณา	นิตย์ปราณ	ม.4/5	8.0	8.0	5.0	7.0	6.0
50	นายชัยณรงค์	ดำด้วงโรม	ม.4/5	8.0	5.0	9.0	9.0	6.0
51	นายวีรศักดิ์	ขวัญทอง	ม.4/5	5.5	5.0	5.0	5.0	6.0
52	นายณรงค์ฤทธิ์	อนุรักษ์	ม.4/5	10.0	10.0	9.0	10.0	7.0
53	นายวรวิช	ชูจ้อย	ม.4/5	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0
54	น.ส.จิตรสินี	เดชา	ม.4/5	6.0	6.0	5.0	8.0	6.0
					$\Sigma X = 1491$			$\Sigma Y = 379$

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X}{N}}{P} x100 = \frac{\frac{1491}{54}}{40} x100 = 69.03$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma Y}{N}}{O} x100 = \frac{\frac{379}{54}}{10} x100 = 70.10$$

สรุปผลการหาค่าประสิทธิภาพแบบ E_1/E_2 ตามแนวนิยาม E_1/E_2 และ 90/90 Standard ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 คน โดยตั้งเกณฑ์ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 65/65 ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 69/70

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบความเข้าใจ

แบบประเมินความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของแบบทดสอบความเข้าใจ

ฉบับ ☐ ก่อนเรียน ☐ หลังเรียน

แบบทดสอบความเข้าในใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

.....

คำแนะนำ แบบทดสอบมี 10 ข้อ 30 คะแนน 30 นาที ขอให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบแต่ละข้อพร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลและวาดภาพประกอบให้สมบูรณ์ที่สุด เต็มความสามารถ ทุกข้อ และทำอย่างเต็มใจ – ตั้งใจ

ตอนที่ 1 ประสบการณ์เกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน

ชื่อ ..... ชั้น ..... โรงเรียน .....

1. ☐ ไม่มีประสบการณ์เลย ☐ มีความรู้ เคยเล่นบ้างเล็กน้อย ☐ มีความรู้ เล่นอย่างจริงจัง
2. ☐ เคยเข้าร่วมแข่งขันแต่ไม่ได้รับรางวัล ☐ เคยเข้าร่วมแข่งขันได้รับรางวัล (ระบุจำนวนครั้ง)

..... งานวิชาการโรงเรียน ..... งานวิชาการมัธยมศึกษา ..... งาน อพวช.ระดับภาค ..... งาน อพวช. ระดับประเทศ

ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ

ข้อที่	ข้อคำถาม	คำตอบ (1 คะแนน)		เหตุผล (2 คะแนน)
		ใช่	ไม่ใช่	
1	การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวด			.....
2	ระยะทาง คือ เส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของจรวดขวดน้ำจากจุดที่ยิงจนถึงจุดที่ตก มีความหมายเหมือนกับการกระจัด สามารถวัดได้			.....
3	สามารถหาค่าอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำได้ แต่ไม่สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำ			.....

ตอนที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม	คำตอบ (1 คะแนน)		เหตุผล (2 คะแนน)
		ใช่	ไม่ใช่	
4	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อย			.....
5	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทความไกลจะปล่อยจรวดขวดน้ำต้องกำหนดความดันและปริมาณน้ำให้คงที่ปล่อยด้วยมุม 45 องศา จะทำให้จรวดไปไกลที่สุด			.....
6	เมื่อกำหนดความดันและมุมยิงให้คงที่จรวดจะไปไกลได้โดยการเติมน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำยิ่งมากจะทำให้จรวดไปได้ไกล			.....
7	เมื่อกำหนดปริมาณน้ำและมุมยิงให้คงที่จรวดจะไปไกลมากเมื่อเพิ่มอัดลมให้มาก การยิงจรวดให้แม่นยำจึงต้องคำนวณปริมาณความดันให้เหมาะสม			.....
8	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์			.....
9	ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งและแนวระดับจะคงที่เสมอ			.....
10	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ			.....

ฉบับเฉลย

แบบทดสอบความเข้าในใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

.....

คำแนะนำ แบบทดสอบมี 10 ข้อ 30 คะแนน 30 นาที ขอให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบแต่ละข้อพร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลและวาดภาพประกอบให้สมบูรณ์ที่สุด เต็มความสามารถ ทุกข้อ และทำอย่างเต็มใจ – ตั้งใจ

ตอนที่ 1 ประสบการณ์เกี่ยวกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำของนักเรียน

ชื่อ ..... ชั้น ..... โรงเรียน .....

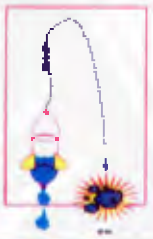
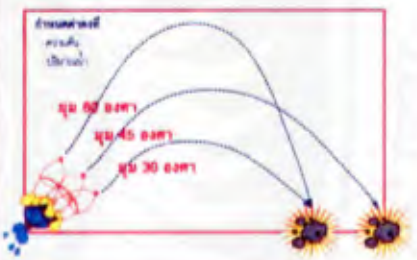
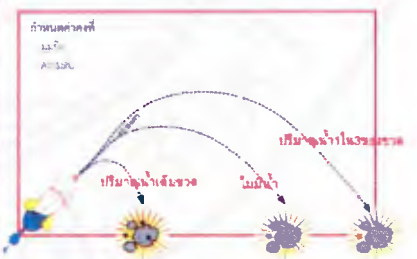
1. ☐ ไม่มีประสบการณ์เลย ☐ มีความรู้ เคยเล่นบ้างเล็กน้อย ☐ มีความรู้ เล่นอย่างจริงจัง
2. ☐ เคยเข้าร่วมแข่งขันแต่ไม่ได้รับรางวัล ☐ เคยเข้าร่วมแข่งขันได้รับรางวัล (ระบุจำนวนครั้ง)

..... งานวิชาการโรงเรียน ..... งานวิชาการมัธยมศึกษา ..... งาน อพวช.ระดับภาค ..... งาน อพวชระดับประเทศ

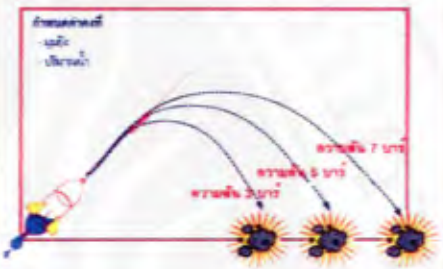
ตอนที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ

ข้อที่	ข้อคำถาม	คำตอบ (1 คะแนน)		เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)
		ใช่	ไม่ใช่	
1	การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวด	✓		แรงที่กระทำกับจรวดขวดน้ำประกอบด้วย 3 แรง คือ แรงขับจากน้ำ แรงดึงดูดที่กระทำกับต่อจรวดและแรงต้านจากอากาศ ซึ่งแรงขับจากน้ำเกิดจากการปล่อยแรงดันอากาศภายในตัวขวดทำให้น้ำพุ่งออกมาอย่างรุนแรงทางปากขวด
2	ระยะทาง คือ เส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของจรวดขวดน้ำจากจุดที่ยิงจนถึงจุดที่ตก มีความหมายเหมือนกับการกระจัด สามารถวัดได้		✓	แตกต่างกัน การกระจัด คือ ระยะของจรวดขวดน้ำจากจุดที่ยิงจนถึงจุดที่ตก สามารถทำการวัดโดยใช้เครื่องมือพื้นฐานได้ เป็นปริมาณเวกเตอร์ แต่ระยะทางคือ เส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของจรวดขวดน้ำ ซึ่งอยู่บนท้องฟ้า ไม่สามารถทำการวัดโดยใช้เครื่องมือพื้นฐานได้ และเป็นปริมาณสเกลาร์
3	สามารถหาค่าอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำได้ แต่ไม่สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำ		✓	ไม่สามารถหาอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำได้ เพราะ อัตราเร็ว คือ อัตราส่วนของการระยะทางต่อเวลา เมื่อไม่สามารถวัดระยะทางของจรวดที่เคลื่อนที่บนท้องฟ้าได้ แต่วัดความเร็วของจรวดขวดน้ำได้ เพราะ ความเร็วหาได้อัตราส่วนของการกระจัดต่อเวลา

ตอนที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม	คำตอบ (1 คะแนน)		เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)
		ใช่	ไม่ใช่	
4	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อย	✓		มุมที่ใช้ในการปล่อยจรวดขวดน้ำประเภทสวยงาม คือ 90 องศา ทำให้จรวดตกลงมาบริเวณเดิมที่เราปล่อย 
5	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทความไกลจะปล่อยจรวดขวดน้ำต้องกำหนดความดันและปริมาณน้ำให้คงที่ ปล่อยด้วยมุม 45 องศา จะทำให้จรวดไปไกลที่สุด	✓		มุมยิงที่ทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด คือ มุม 45 องศา ดังภาพ 
6	เมื่อกำหนดความดันและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลได้โดยการเติมน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำยิ่งมากจะทำให้จรวดไปได้ไกล		✓	การเติมน้ำมาก เป็นการเพิ่มมวลทำให้จรวดตกมาเร็ว เพราะน้ำจะเป็นตัวชะลอเวลาอากาศที่อยู่ในภายขวดออกมาช้ากว่าปกติ ฉะนั้น ควรเติมน้ำในปริมาณ 1/3 ของขวด 

ตอนที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม	คำตอบ (1 คะแนน) ใช่	คำตอบ (1 คะแนน) ไม่ใช่	เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)
7	เมื่อกำหนดปริมาณน้ำและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลมากเมื่อเพิ่มอัดลมให้มาก การยิงจรวดให้แม่นยำจึงต้องคำนวณปริมาณความดันให้เหมาะสม	✓		ความดันยิ่งมากทำให้จรวดพุ่งไปได้ไกล แต่ควรระวังความสามารถในการทนแรงดันขวดน้ำด้วย 
8	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	✓		เพราะขณะปล่อยจรวดขวดน้ำให้เคลื่อนที่จะถูกโลกดึงดูดให้มีความเร็วแนวดิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ยังมีความเร็วในแนวระดับ ทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงเป็นแบบเส้นโค้งพาราโบลา
9	ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งและแนวระดับจะคงที่เสมอ		✓	ความเร็วในแนวระดับคงที่ ส่วนความเร็วในแนวดิ่งเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่คงที่ ซึ่งก็คือความเร่งของจรวดขวดน้ำ
10	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ	✓		การที่จรวดขวดน้ำติดอยู่กับฐานปล่อยจรวดรักษาสภาพการหยุดนิ่งไว้ เป็นไปตามกฎข้อ 1 ของนิวตันเมื่อมีแรงขับจากน้ำ ซึ่งเกิดจากการปล่อยแรงดันอากาศภายในตัวขวดทำให้น้ำพุ่งออกมาอย่างรุนแรงทางปากขวด เป็นแรงมาทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งไปสัมพันธ์กับมวลของจรวด เป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตันและขณะที่ความดันภายในตัวขวดผลักให้น้ำพุ่งออกด้านหลังเป็นแรงกิริยา และน้ำเองก็จะผลักให้จรวดขวดน้ำพุ่งขึ้นไปด้านหน้าเป็นแรงปฏิกิริยา เป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

แบบประเมินความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง :

ขอให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องกับตัวชี้วัด (ค่า IOC) ของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในระดับคะแนนและเขียนข้อความเสนอแนะเพื่อการพัฒนาตามแต่จะเห็นสมควร

เกณฑ์การให้คะแนน

มีความแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดแบบบูรณาการ ให้คะแนน 1 คะแนน

ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดแบบบูรณาการ ให้คะแนน 0 คะแนน

มีความแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดแบบบูรณาการ ให้คะแนน -1 คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องกับตัวชี้วัด **(ค่า IOC)**

ค่า IOC ต่ำกว่า 0.4 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นไม่ควรใช้

ค่า IOC ระหว่าง 0.4 – 0.6 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นควรนำไปปรับปรุงก่อนใช้

ค่า IOC มากกว่า 0 6 หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นสามารถนำไปใช้ได้

ตัวชี้วัดแบบบูรณาการ

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2

1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม. 4-6/1)

2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4 2 ม. 4-6/2)

3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของจรวดขวดน้ำ (ว 4.2 ม. 4-6/3)

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1

1. เข้าร่วมกิจกรรมจรวดขวดน้ำแล้วจัดแสดงผลงานหรือเขียนรายงานการเข้าร่วมกิจกรรมจรวดขวดน้ำให้ผู้อื่นเข้าใจ (ว 8.1 ม. 4-6/1-12)

แบบประเมินความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ข้อคำถาม	ผลคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ		
		1	0	-1
1	การที่จะทำให้จรวดขวดน้ำเคลื่อนที่ไปได้ไกลต้องเพิ่มแรงขับที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งออกจากท่อทางออกของจรวดและลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวด			
2	ระยะทาง คือ เส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของจรวดขวดน้ำจากจุดที่ยิงจนถึงจุดที่ตก มีความหมายเหมือนกับการกระจัด สามารถวัดได้			
3	สามารถหาค่าอัตราเร็วของจรวดขวดน้ำได้ แต่ไม่สามารถหาความเร็วของจรวดขวดน้ำ			
4	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทสวยงามจะปล่อยจรวดขวดน้ำ เมื่ออัดลมด้วยความดันยิ่งมากจะทำให้จรวดพุ่งตัวขึ้นสูงตามไปด้วยและตกลงมาในบริเวณจุดปล่อย			
5	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำประเภทความไกลจะปล่อยจรวดขวดน้ำต้องกำหนดความดันและปริมาณน้ำให้คงที่ ปล่อยด้วยมุม 45 องศา จะทำให้จรวดไปไกลที่สุด			
6	เมื่อกำหนดความดันและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลได้โดยการเติมน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำยิ่งมากจะทำให้จรวดไปได้ไกล			
7	เมื่อกำหนดปริมาณน้ำและมุมยิงให้คงที่ จรวดจะไปไกลมากเมื่อเพิ่มอัดลมให้มาก การยิงจรวดให้แม่นยำจึงต้องคำนวณปริมาณความดันให้เหมาะสม			
8	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์			
9	ตลอดการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำในอากาศ ความเร็วในแนวดิ่งและแนวระดับจะคงที่เสมอ			
10	การเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ			

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อการพัฒนา

.....

ลงชื่อ .....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง .....

ตารางผนวกที่ ง 1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (ค่า IOC) ของแบบทดสอบความเข้าใจ

ข้อที่	ผลคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ				ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวม		
1	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
2	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
3	1	1	0	2	0.67	นำไปใช้ได้
4	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
5	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
6	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
7	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
8	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
9	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้
10	1	1	1	3	1	นำไปใช้ได้

สรุปผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดกับข้อคำถามด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (ค่า IOC)ของแบบทดสอบความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกิจกรรมจรวดขวดน้ำ พบว่า ข้อคำถามทั้ง 10 ข้อ นั้นสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

ตารางผนวกที่ ง 2 การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความเข้าใจ

คนที่	ข้อที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
4	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
5	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
6	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
7	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
9	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
10	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
11	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
13	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
14	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
15	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
R	11	5	7	7	9	11	14	15	5	14
$P = \frac{R}{N}$	$P = \frac{11}{15} = 0.7$	$P = \frac{4}{15} = 0.3$	$P = \frac{7}{15} = 0.5$	$P = \frac{7}{15} = 0.5$	$P = \frac{9}{15} = 0.6$	$P = \frac{11}{15} = 0.7$	$P = \frac{14}{15} = 0.9$	$P = \frac{15}{15} = 1.0$	$P = \frac{5}{15} = 0.3$	$P = \frac{14}{15} = 0.9$
แปลผล	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ง่าย	ง่าย	ปานกลาง	ง่าย

ตารางผนวกที่ ง 3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความเข้าใจ

คนที่	ข้อที่										รวม	กลุ่ม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	เก่ง
2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	8	เก่ง
3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8	เก่ง
4	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	7	ปานกลาง
5	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	7	ปานกลาง
6	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	8	เก่ง
7	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	6	ปานกลาง
8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	8	เก่ง
9	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	6	ปานกลาง
10	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	5	อ่อน
11	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	6	ปานกลาง
12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	4	อ่อน
13	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4	อ่อน
14	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	5	อ่อน
15	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8	เก่ง
R_U	5	3	3	4	5	6	6	6	4	6		
R_L	1	2	0	1	1	2	3	4	0	4		
$R_U - R_L$	4	1	3	3	4	4	3	2	4	2		
$D=\frac{R_U-R_L}{\frac{N}{2}}$	0.8	0.2	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.8	0.4		
แปลผล	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้		

ภาคผนวก จ

คะแนนจากแบบทดสอบความเข้าใจ

ตารางผนวกที่ จ 1 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/1

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	1	-2	2	3	1.5	0.5	1.5	3	0	3	0	2	1	2	0	0	0	0	0	2
2	0	1	1	-1	-1	1.5	0.5	1	1.5	1	-1	1	2	1	1	1	2	1	-2	1
3	1	1	3	2	0	0	2	1	1	1	0	1	1	1	0	3	1	-2	1	2
4	2	2.5	3	3	-1	-1	2	2	2	0	2	3	2	3	-1	3	2	0	-2	0
5	1	2	1	1	1.5	1	0	0	1	0	-2	0	1.5	2	1	3	1.5	1	1	2
6	1.5	1	-2	0	1	1	0	1	0	1	-1	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	1
7	1	2.5	1	3	-1	3	-2	3	1	2	1.5	2	-2	2	2	3	0	3	1	3
8	1.5	2.5	1	1	1	1	3	2	0	2	1	0	2	1	1	1	1	0	1	2
9	1	2	3	-1	0	0	1	2	1.5	2	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1
10	2	2	3	-2	0	-1	0	2	-1	2	0	-1	0	0	0	3	0	-1	0	2
11	1.5	2	3	3	1	2	1	0.5	1	2	1	-1	2	0	1	3	-1	-1	1	2
12	2	2	-2	-2	-1	-1	1.5	1	3	0	0	0	2	0	0	3	-1	0	1.5	0

ตารางผนวกที่ จ 2 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/2

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
14	1.5	1.5	-1	1.5	-2	-2	-1	1.5	1	0	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	0	1	1	1
15	1.5	1.5	0.5	0	1	0	0	1	1	1.5	0	0	1	1	1	3	1	0	1	1
16	-2	1.5	0	1.5	0	-1	1	1.5	1	1.5	1.5	1	1	1	1	1	-1	1	1	1
17	1.5	2	0	0.5	0	0	1	2	1	2	1.5	1	1	1	1	1	-1	0	1	1
18	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
19	0	1	-1	-2	-1	-1	0	2	-1	0.5	-1	2	1	0	1	2	0	-1	1	2
20	-2	1.5	0	-2	0	-2	1	-1	1	1	1.5	0	1	1	1	0	-1	-1	1	1
21	1.5	1	-2	1	0	0	-1	0	1	1	1.5	1	1	1	1	1	-1	0	1	0
22	1	1	-2	-2	-1	1	0	0	1	0	1.5	1.5	1.5	1	1	3	-1	-1	1	1
23	1.5	2	1.5	-2	0	-2	-1	1	0	1.5	-1	2	0	1.5	1	-1	0	0	0	1.5

ตารางผนวกที่ จ 3 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/3

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
25	1	3	0	-2	0	-2	0	2	0	2	1	2	1	2	1	2	0	0.5	1	2
26	-1	-2	-2	-2	1.5	-1	0	1	0	1.5	0	1.5	1	1.5	1	0	1	-2	1	-2
27	1	2.5	0	-2	1	-1	0	3	1	3	1	2	1	2	1	3	0	-2	1	1
28	0.5	1.5	-1	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
29	0.5	2	-1	0.5	0	0	1	0	1	0	-1	-1	1	1.5	1	0	0	-1	1	2
30	0.5	2	-1	-2	1	-2	1	3	1	-1	-1	-1	1	2	1	3	0	-2	1	2.5
31	0.5	2	-1	0.5	0	-1	1	-2	1	3	-2	0	1	1	1	2	0	-2	1	2
32	1	2	0	0.5	1	-1	0	-2	1	-1	1	2	1	2	1	3	0	0	1	1
33	0.5	2	-1	1.5	0	0.5	1	2	1	-2	-1	-2	1	2	1	1.5	0	-1	1	-2
34	1	2	0	-2	1	-2	1	3	1	3	1	-2	1	1.5	1	3	1	-1	1	2

ตารางผนวกที่ จ 4 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/4

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
36	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
37	1	1.5	0	-1	1	2	1	2	1	2	0	1.5	0	1.5	1	2	0	-1	1	2
38	1	0	0	2	0	-2	1	1	0	0	1	0	1	1.5	1	1	1	1.5	1	2
39	1	1	1.5	0	0	2	3	0.5	2	1	1	2.5	1	1	1	1	0	0	0	1
40	1	1.5	0	-2	1	2	0	-1	1	3	0	-1	1	0	0	0	0	-1	0	0
41	-1	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1.5	1	1	1	1	1	0	1	1
42	0.5	1.5	1	-1	-2	-2	1	3	2	1.5	2	3	2	2	1	2	0	-2	1	0
43	0	2	0	0.5	0	2	3	3	0	3	1	2	1	2	1	2	1	0	0	2
44	0	2	0	-2	0	2	1	1.5	1	-1	1	-1	1	1	1	0	1	0	1	2

ตารางผนวกที่ จ 5 คะแนนความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/5

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
46	1	0	0	1	-1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
47	1	2	0	0	-1	1	1	2	0	0	0	0.5	1	1.5	1	1	1	1	1	1
48	1	2	0	1	1	-2	1	2	0	3	0	2	1	2	1	3	1	1	1	2
49	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
50	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1.5	1	1	1	0	0	1	1	1	1
51	-2	2	-2	1.5	1.5	1.5	0.5	3	3	3	1.5	2	1.5	3	3	0	1.5	1.5	1	0
52	1	2.5	1	0	0	1	1	3	1	1	1.5	1	1	1	0	0	1	1	1	1
53	0	2	1	-2	0	-2	0	-2	1	3	1	1.5	0	1.5	0	0	1	0	0	1

ตารางผนวกที่ จ 6 ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/1

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	3	1	4	5	3	3	3	5	2	5	2	4	3	4	2	2	2	2	2	4
2	2	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	4	3	3	3	4	3	1	3
3	3	3	5	4	2	2	**4**	3	3	3	2	3	3	3	2	5	3	1	3	4
4	4	4	5	5	1	1	**4**	4	4	2	4	5	4	5	1	5	4	2	1	2
5	3	4	3	3	3	3	2	2	3	2	1	2	3	4	3	5	3	3	3	4
6	3	3	1	2	3	3	2	3	2	3	1	2	2	3	3	3	1	1	1	3
7	3	4	3	5	1	5	1	5	3	4	3	4	1	4	4	5	2	5	3	5
8	3	4	3	3	3	3	5	**4**	2	4	3	2	4	3	3	3	3	2	3	4
9	3	4	5	1	2	2	3	**4**	3	4	5	3	3	3	3	3	2	3	3	3
10	4	4	5	1	2	1	2	4	1	4	2	1	2	2	2	5	2	1	2	4
11	3	4	5	5	3	4	3	3	3	4	3	1	4	2	3	5	1	1	3	4
12	4	4	1	1	1	1	3	3	5	2	2	2	4	2	2	5	1	2	3	2
13	4	4	3	3	3	1	1	5	4	5	2	1	2	2	3	1	2	1	3	1

หมายเหตุ 1 แทน ระดับ SM 2 แทนระดับ NU **3** แทนระดับ PU/SM 4 แทนระดับ PU 5 แทนระดับ SM

ตารางผนวกที่ จ 7 ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/2

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
14	3	3	1	3	1	1	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
15	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	5	3	2	3	3
16	1	3	2	3	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
17	3	4	2	3	2	2	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	1	2	3	3
18	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3
19	2	3	1	1	1	1	2	4	1	3	1	4	3	2	3	4	2	1	3	4
20	1	3	2	1	2	1	3	1	3	3	3	2	3	3	3	2	1	1	3	3
21	3	3	1	3	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	2
22	3	3	1	1	1	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	5	1	1	3	3
23	3	4	3	1	2	1	1	3	2	3	1	4	2	3	3	1	2	2	2	3
24	3	3	2	3	2	1	3	4	3	2	4	1	3	3	3	4	2	1	3	4

หมายเหตุ 1 แทน ระดับ SM 2 แทนระดับ NU **3** แทนระดับ PU/SM 4 แทนระดับ PU 5 แทนระดับ SM

ตารางผนวกที่ จ 8 ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/3

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
25	3	5	2	1	2	1	2	4	2	4	3	4	3	4	3	4	2	3	3	4
26	1	1	1	1	3	1	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	1	3	1
27	3	4	2	1	3	1	2	5	3	5	3	4	3	4	3	5	2	1	3	3
28	3	3	1	1	2	1	3	3	3	3	1	3	3	2	3	2	3	2	3	3
29	3	4	1	3	2	2	3	2	3	2	1	1	3	3	3	2	2	1	3	4
30	3	4	1	1	3	1	3	5	3	1	1	1	3	4	3	5	2	1	3	4
31	3	4	1	3	2	1	3	1	3	5	1	2	3	3	3	4	2	1	3	4
32	3	4	2	3	3	1	2	1	3	1	3	4	3	4	3	5	2	2	3	3
33	3	4	1	3	2	3	3	4	3	1	1	1	3	4	3	3	2	1	3	1
34	3	4	2	1	3	1	3	5	3	5	3	1	3	3	3	5	3	1	3	4
35	3	4	1	1	4	4	1	5	2	4	1	4	1	4	4	3	4	4	3	4

หมายเหตุ 1 แทน ระดับ SM 2 แทนระดับ NU **3** แทนระดับ PU/SM 4 แทนระดับ PU 5 แทนระดับ SM

ตารางผนวกที่ จ 9 ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/4

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
36	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	3
37	3	3	2	1	3	4	3	4	3	4	2	3	2	3	3	4	2	1	3	4
38	3	2	2	4	2	1	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4
39	3	3	3	2	2	4	5	3	4	3	3	4	3	3	3	3	2	2	2	3
40	3	3	2	1	3	4	2	1	3	5	2	1	3	2	2	2	2	1	2	2
41	1	3	2	2	2	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
42	3	3	3	1	1	1	3	5	4	3	4	5	4	4	3	4	2	1	3	2
43	2	4	2	3	2	4	5	5	2	5	3	4	3	4	3	4	3	2	2	4
44	2	4	2	1	2	4	3	3	3	1	3	1	3	3	3	2	3	2	3	4
45	3	4	1	1	2	1	3	4	2	3	3	4	3	4	3	5	3	3	3	3

หมายเหตุ 1 แทน ระดับ SM 2 แทนระดับ NU **3** แทนระดับ PU/SM 4 แทนระดับ PU 5 แทนระดับ SM

ตารางผนวกที่ จ 10 ระดับความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/5

คนที่	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
46	3	2	2	3	1	2	3	3	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3
47	3	4	2	2	1	3	3	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
48	3	4	2	3	3	1	3	4	2	5	2	4	3	4	3	5	3	3	3	4
49	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3
50	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3
51	1	4	1	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	5	5	2	3	3	3	2
52	3	4	3	2	2	3	3	5	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3
53	2	4	3	1	2	1	2	1	3	5	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3
54	2	4	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2	2

หมายเหตุ 1 แทน ระดับ SM 2 แทนระดับ NU **3** แทนระดับ PU/SM 4 แทนระดับ PU 5 แทนระดับ SM

ตารางผนวกที่ จ 11 ผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/1

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
5	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
6	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
9	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
10	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1
11	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
จำนวนคนที่พัฒนา	6	3	3	6	8	7	5	7	3	10	13
ร้อยละการพัฒนา	46.15	23.08	23.08	46.15	61.54	53.85	38.46	53.85	23.08	76.92	100.00

หมายเหตุ 0 แทน ไม่พัฒนาความเข้าใจ 1 แทน พัฒนาความเข้าใจ

ตารางผนวกที่ จ 12 ผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/2

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
14	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
15	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
16	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
17	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
19	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
22	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
23	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
24	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
จำนวนคนที่พัฒนา	5	5	1	7	3	3	1	4	4	3	11
ร้อยละการพัฒนา	45.45	45.45	9.09	63.64	27.27	27.27	9.09	36.36	36.36	27.27	100.00

หมายเหตุ 0 แทน ไม่พัฒนาความเข้าใจ 1 แทน พัฒนาความเข้าใจ

ตารางผนวกที่ จ 13 ผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/3

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
25	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
27	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
29	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
30	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
31	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
32	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
33	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
34	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1
35	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
จำนวนคนที่พัฒนา	9	4	1	7	6	7	6	6	1	6	11
ร้อยละการพัฒนา	81.82	36.36	9.09	63.64	54.55	63.64	54.55	54.55	9.09	54.55	100.00

หมายเหตุ 0 แทน ไม่พัฒนาความเข้าใจ 1 แทน พัฒนาความเข้าใจ

ตารางผนวกที่ จ 14 ผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/4

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
36	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
37	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
38	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
39	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
40	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
41	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
42	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
43	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
44	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
45	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
จำนวนคนที่พัฒนา	5	2	6	5	4	6	4	4	0	6	10
ร้อยละการพัฒนา	50 00	20 00	60 00	50 00	40 00	60 00	40 00	40 00	0 00	60 00	100 00

หมายเหตุ 0 แทน ไม่พัฒนาความเข้าใจ 1 แทน พัฒนาความเข้าใจ

ตารางผนวกที่ จ 15 ผลการพัฒนาความเข้าใจในมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชั้น ม.4/5

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	แปลผล
46	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
47	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
48	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
52	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
53	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
54	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
จำนวนคนที่พัฒนา	6	3	3	5	3	3	4	2	1	2	7
ร้อยละการพัฒนา	66.67	33.33	33.33	55.56	33.33	33.33	44.44	22.22	11.11	22.22	77.78

หมายเหตุ 0 แทน ไม่พัฒนาความเข้าใจ 1 แทน พัฒนาความเข้าใจ

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ ฉ 1 ผลการวิเคราะห์ Paired Samples Statistics ของคะแนนก่อนเรียน - หลังเรียน

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre-test_right or wrong	7.22	54	1.284	.175
	Post-test _right or wrong	7.22	54	1.144	.156
Pair 2	pre-test_logic	-1.29	54	3.017	.411
	post-test_logic	1.10	54	4.554	.620
Pair 3	Pre-test	5.935	54	3.0453	.4144
	Post -test	8.185	54	5.0500	.6872

ตารางที่ ฉ 2 ผลการวิเคราะห์ Paired Samples Correlations ของคะแนนก่อนเรียน - หลังเรียน

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pre-test_right or wrong & Post-test _right or wrong	54	.197	.153
Pair 2	pre-test_logic & post-test_logic	54	.376	.005
Pair 3	Pre-test & Post -test	54	.362	.007

ตารางที่ ฉ 3 ผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ของคะแนนก่อนเรียน - หลังเรียน

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std Deviation	Std Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Pre-test_right or wron Post-test _right or wr	.00	1.542	.210	-.56	.56	.000	53	1.000
Pair 2	pre-test_logic - post-test_logic	-2.39	4.416	.601	-3.99	-.78	-3.976	53	.000
Pair 3	Pre-test - Post -test	-2.250	4.8630	.6618	-4.018	-.482	-3.400	53	.001

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล นางสาวรุ่งทิพ จันทร์มุณี

วัน เดือน ปี เกิด 6 ตุลาคม 2521

สถานที่เกิด จังหวัดนครศรีธรรมราช

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 18 หมู่ 3 ต.ชะอวด อ.ชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช 80180

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร
999 หมู่ที่ 9 ต. ชะอวด อ.ชะอวด จ.นครศรีธรรมราช 80180
โทรศัพท์ 075 - 381366 โทรสาร 075 -380425

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2534	ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านศาลาทวดทอง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2544	วท.บ.ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ 2545	ป.ทางการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2555	วท.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช