



การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองโมเมนตัมและการชน  
ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์  
A STUDY OF USING EXPERIMENTAL ACTIVITY ON MOMENTUM AND COLLISION  
WITH MOBILE APPLICATION ON LEARNING ACHIEVEMENT  
AND SCIENCE COMMUNICATION SKILLS

ชลพัชร เพชรพลอยนิล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองโมเมนต์และการชน  
ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A STUDY OF USING EXPERIMENTAL ACTIVITY ON MOMENTUM AND COLLISION  
WITH MOBILE APPLICATION ON LEARNING ACHIEVEMENT  
AND SCIENCE COMMUNICATION SKILLS



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

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองโมเมนต์และการชน  
ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

ของ

ชลพัชร เพชรพลอยนิล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์แก้ว อุดมสมุทรวิทย์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภาพงค์ ชั่งจันทร์)

..... ที่ปรึกษาร่วม ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริ สิรินิลกุล)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองโมเมนต์และการชนร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์
ผู้วิจัย	ชลพัชร เพชรพลอยนิล
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริวัณ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง โมเมนต์และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนต์และการชน และ 3) เพื่อศึกษาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบแผนการทดลองกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนนวมินทราชูทิศมัชฌิม ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจำนวน 2 ห้องเรียน กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง โมเมนต์และการชน จำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนต์และการชนแบบปกติ จำนวน 41 คน ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 10 คาบ เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง โมเมนต์และการชน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบค่าที (one sample t-test, t-test for dependent samples และ t-test for independent samples) ผลการวิจัย พบว่า ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง โมเมนต์และการชน มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 75.51/70.29 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าหลังเรียนของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ชุดกิจกรรมการทดลอง, โมบายแอปพลิเคชัน, โมเมนต์และการชน, การดล

Title	A STUDY OF USING EXPERIMENTAL ACTIVITY ON MOMENTUM AND COLLISION WITH MOBILE APPLICATION ON LEARNING ACHIEVEMENT AND SCIENCE COMMUNICATION SKILLS
Author	CHONPATCHARA PHETPLOYNIN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Associate Professor Pongkaew Udomsamuthirun , Ph.D.
Co Advisor	Assistant Professor Krirk Saksupub , Ed.D.

The purposes of this research were as follows: (1) to create and develop the efficiency of the experimental activity and a mobile application on momentum and collision for tenth grade students; (2) to study learning achievement in the topic of momentum and collision; and (3) to study science communication skills. The research design was a pretest-posttest control group design. The sample consisted of two rooms of students studying in the Science-Mathematics program in the second semester of the 2018 academic year at Navamindarajudis Matchim School, and selected by simple random sampling. An experimental group of thirty-nine students were taught using an experimental activity package and a mobile application on the topic of momentum and collision. The control group, consisting of forty-one students, was taught using conventional methods. There were a total of ten teaching periods. The instruments used in the research included the following: (1) an experimental activity package and a mobile application; (2) a learning achievement test; and (3) an assessment of science communication skills. The hypotheses were tested by one sample t-test, a t-test for dependent samples and a t-test for independent samples. The results of this study were as follows: (1) the experimental activity package and mobile application on the topic of momentum and collision had an efficiency of 75.51/70.29, which was higher than the criteria of 70/70; (2) the experimental group had higher learning achievement scores after learning than before and after learning and it was higher after learning with the control group and a .05 level of statistical significance; and (3) the experimental group had higher science communication skill scores than the criteria of 3.50, with a .05 level of statistical significance.

Keyword : Experimental Activity, Mobile Application, Momentum and Collision, Impulse

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากรองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริชัย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาานิพนธ์ที่คอยแนะแนวทางในการทำวิจัยจึงทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์ ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริ สิรินิลกุล ผู้ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ตลอดจนให้คำแนะนำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย พะวงษ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ไทยปัญญา จันปุม ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้คำแนะนำในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจตลอดมา

ชลพัชร์ เพชรพลอยนิล

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ .....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	4
ความสำคัญของการวิจัย .....	4
ขอบเขตของการวิจัย .....	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย .....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย .....	5
ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	5
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย .....	5
ตัวแปรที่ศึกษา .....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดการวิจัย .....	7
สมมติฐานการวิจัย.....	8
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	9
1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม.....	10



1.1 ความหมายของชุดกิจกรรม.....	10
1.2 ประเภทของชุดกิจกรรม .....	10
1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม.....	11
1.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม .....	12
1.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม .....	12
1.6 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม .....	13
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม .....	15
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน.....	15
2.1 ความหมายของโมบายแอปพลิเคชัน.....	15
2.2 ประเภทของโมบายแอปพลิเคชัน .....	16
2.3 ประโยชน์ของโมบายแอปพลิเคชัน .....	16
2.4 โมบายแอปพลิเคชันที่ใช้ในงานวิจัย.....	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน .....	22
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการชน.....	25
3.1 ผลการเรียนรู้โมเมนตัมและการชน.....	25
3.2 สารสำคัญ โมเมนตัม .....	26
3.3 สารสำคัญ แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม .....	27
3.4 สารสำคัญ การดลและแรงดล .....	27
3.5 สารสำคัญ การชนในหนึ่งมิติ.....	29
3.6 สารสำคัญ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม .....	30
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	31
4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	31
4.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	32

4.3 แนวปฏิบัติการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	33
4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	38
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ .....	39
5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์.....	39
5.2 ประเภทของทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์.....	39
5.3 เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ .....	41
5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์.....	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	45
ระยะที่ 1 การเตรียมการ .....	45
ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือ .....	45
ระยะที่ 3 การดำเนินการทดลอง.....	54
กลุ่มตัวอย่าง.....	54
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย .....	54
ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	54
แบบแผนการวิจัย .....	55
ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง .....	55
ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	56
บทที่ 4 ผลการศึกษา .....	57
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	57
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	64
สรุปผลการวิจัย.....	64
อภิปรายผลการวิจัย .....	64
ข้อเสนอแนะ .....	71

บรรณานุกรม ..... 73

ภาคผนวก..... 80

ประวัติผู้เขียน..... 161



## สารบัญตาราง

### หน้า

ตาราง 1 คำกริยาที่ใช้ในการตั้งคำถามตามพฤติกรรมที่คาดหวังจากการเรียนรู้ด้านความรู้ ความคิดจากระบบการจดจำแนกของบลูม .....	35
ตาราง 2 ลักษณะร่วมขององค์ประกอบการประเมินความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา .....	43
ตาราง 3 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับการสร้างแบบทดสอบปรนัย .....	52
ตาราง 4 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับการสร้างแบบทดสอบอัตนัย .....	52
ตาราง 5 องค์ประกอบและเกณฑ์การประเมินแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา .....	53
ตาราง 6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน .....	54
ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง .....	55
ตาราง 8 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน .....	58
ตาราง 9 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง .....	59
ตาราง 10 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม .....	60
ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม .....	61
ตาราง 12 คะแนนทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาเทียบกับเกณฑ์ (3.50) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง .....	62

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย .....	7
ภาพประกอบ 2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟนแบบ 3 แกน .....	17
ภาพประกอบ 3 เลือกรการใช้งานของ SPARKvue ในการทดลอง .....	18
ภาพประกอบ 4 เลือกรแสดงผลของ SPARKvue ในการทดลอง .....	18
ภาพประกอบ 5 การปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งของ SPARKvue .....	19
ภาพประกอบ 6 การบันทึกข้อมูลความเร่งของ SPARKvue .....	19
ภาพประกอบ 7 การใช้ SPARKvue .....	20
ภาพประกอบ 8 การส่งออกข้อมูลของ SPARKvue .....	20
ภาพประกอบ 9 การเลือกข้อมูลความเร่งและเวลาผ่านโปรแกรม Microsoft Excel .....	21
ภาพประกอบ 10 กราฟระหว่างความเร่งกับเวลาของการชนระหว่างสมาร์ทโฟน A และ B .....	23
ภาพประกอบ 11 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของการชนแบบยืดหยุ่น .....	24
ภาพประกอบ 12 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของการชนแบบไม่ยืดหยุ่น .....	25
ภาพประกอบ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของวัตถุที่กระทบกัน .....	28
ภาพประกอบ 14 วัตถุ A และ B กระทบกัน .....	30
ภาพประกอบ 15 สรุปแนวปฏิบัติในการสร้างแบบทดสอบ .....	38
ภาพประกอบ 16 L-Bracket และล้อ Eccentric Spacer .....	46
ภาพประกอบ 17 รถทดลองบนรางสไลด์ .....	46
ภาพประกอบ 18 การตั้งค่า SPARKvue ในการทดลอง .....	48
ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างกราฟจากการผลักรถทดลองให้เคลื่อนที่ชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง ...	50

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและมีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่ถูกพัฒนาให้มีความฉลาด เทคโนโลยีเหล่านี้ล้วนอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้เป็นอย่างมาก (นิคม ดิษฐศิลป์ และ พรจิต ประทุมสุวรรณ, 2561, น. 334-345) ซึ่งสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน คือ การสื่อสารไร้พรมแดน ไม่ว่าจะอยู่บริเวณใดของโลกก็สามารถสื่อสารกันได้ง่ายดาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ชีวิตประจำวันแบบใหม่และการแข่งขันด้านต่างๆ สูงขึ้น ต้องมีการเตรียมตนเองให้พร้อม โดยหลายประเทศได้มีการจัดตั้งองค์ความรู้ร่วมมือการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 พร้อมผนวกเข้าไปในการศึกษา นอกจากนี้การที่ผลงานจากวิทยาศาสตร์จะถูกกล่าวถึงและมีการใช้ประโยชน์จากผลผลิตจากวิทยาศาสตร์ได้นั้น ต้องมีการเผยแพร่ให้ความรู้แก่บุคคลทั่วไปได้เข้าใจ ซึ่งปัจจุบันการเผยแพร่ผลงานวิชาการถูกจำกัดอยู่ในวงแคบในวงนักวิชาการด้วยกัน และภาษาที่ใช้เป็นศัพท์เฉพาะนั้นๆ ทำให้บุคคลทั่วไปไม่เข้าใจ ส่งผลความรู้ทางวิชาการเข้าถึงได้ยาก ปัญหาที่ตามมาก็คือ ประชาชนจะไม่เข้าใจกระบวนการและแนวคิดตามหลักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการสื่อสารวิทยาศาสตร์ให้ทุกคนเข้าใจได้เป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งทักษะการสื่อสารนั้นเป็นทักษะในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จากการสำรวจเทคโนโลยีที่เข้าถึงได้มากที่สุด คือ สมาร์ทโฟน ซึ่งส่วนใหญ่ทุกคนมีสมาร์ทโฟนใช้เป็นของตนเอง (ภัทริยา อินทร์โกล์, 2561, น. 328-341) ข้อมูลการใช้โทรศัพท์มือถือ ประจำปี 2561 รายงานว่า ใช้โทรศัพท์มือถือถึงร้อยละ 89.6 โดยเป็นการใช้สมาร์ทโฟนร้อยละ 69.6 ผนวกกับการศึกษาในปัจจุบัน สมาร์ทโฟนเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นการสืบค้นข้อมูลความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา การเรียนผ่านระบบออนไลน์ เป็นต้น อีกทั้งสมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือสื่อสารที่เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์พกพาที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลัก อย่างเช่น เซนเซอร์ต่างๆ ที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟนกับโมบายแอปพลิเคชันได้ (ศิริพร น้อยอำคา, 2562, น. 80-91) ดังเช่นงานวิจัยสาขาฟิสิกส์ที่ใช้สมาร์ทโฟนโดยอาศัยเซนเซอร์เพื่อศึกษาโพลาริเซชันของแสงและกฎของมาลัส จากผลการวิจัยสรุปว่าเป็นไปตามกฎของมาลัส (อาทิตย์ หมวดคงจันทร์ และคณะ, 2018, น. 1-9) งานวิจัยสาขาเคมีที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ จากผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (นุชจิรา แดงวันสี และคณะ, 2561, น. 61-73) งานวิจัยเหล่านี้ล้วนนำสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งโมบายแอปพลิเคชันในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สามารถช่วยพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

ดี (สายสมร เฉลยกิตติ และคณะ, 2562, น. 5-15) นอกจากนี้สมาร์ทโฟนยังเหมาะสำหรับการประยุกต์กับการเรียนอีกด้วย (Streepey, 2013, น. 54-55)

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีความสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ของธรรมชาติ เป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยจินตนาการ การคิด ค้นคว้า และการหาเหตุผล เพื่ออธิบายลักษณะที่เป็นเหตุและผลทางกายภาพ ธนกร อรรถจนาวัฒน์ (2017, น. 101) กล่าวว่า วิชาฟิสิกส์ถือได้ว่าเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ ไม่มีสาขาใดจะมีการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากกว่าวิชาฟิสิกส์ เพราะความรู้ทางฟิสิกส์คือ เบื้องหลังเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ เป็นรากฐานความรู้เชิงทฤษฎีและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ แต่ปัจจุบันผลการทดสอบวิชาสามัญ ปีการศึกษา 2561-2562 จากสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) วิชาฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25-30 คะแนน โดยคะแนนต่ำสุด คือ 0.00 ซึ่งคะแนนเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจในวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากความรู้ด้านฟิสิกส์ส่วนใหญ่อธิบายในลักษณะเชิงนามธรรม ทำให้นักเรียนต้องใช้จินตนาการให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน ดังนั้นจึงต้องมุ่งเน้นพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้ นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น การเรียนวิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการเรียนทฤษฎี (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545) เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วม ได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลอง มีการแก้ปัญหาในระหว่างกิจกรรมภายในกลุ่ม รวมถึงนักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง สามารถเชื่อมโยงในแต่ละหัวข้อ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่อยู่ในกิจกรรม สอดคล้องกับเวดี มานูย์ (2556, น. 118) ทำการพัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยออกแบบชุดทดลองที่เน้นเพิ่มพูนประสบการณ์ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ใช้การฝึกทักษะการทดลองและจัดกระทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในทฤษฎีฟิสิกส์ได้มากยิ่งขึ้น ผนวกกับการใช้เทคโนโลยีเป็นตัวช่วยในการเรียน ซึ่งนอกจากจะดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้แล้ว ยังสามารถเข้าถึงนักเรียนได้ทุกคนอีกด้วย เนื่องจากสมาร์ทโฟนเข้ามามีบทบาทในชีวิตอย่างมาก เรียกได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต (นภาพร หงษ์ทอง และ เสกสรรค์ ทองคำบรรจง, 2019, น. 1-16) ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เช่นงานวิจัยของเอกราช ตาแก้ว และ รัศมี ชัยสุขสันต์ (2561, น. 90-100) ได้ทำการดัดแปลงชุดศึกษาสเปกตรัมเพื่อการบันทึกด้วยสมาร์ทโฟน โดยเลือกใช้วัสดุที่มีราคาถูกมาใช้ในการดัดแปลง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาเรื่องแสงรบกวนจากภายนอกได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถมองเห็นสเปกตรัมได้ง่ายและเข้าใจความแตกต่างของสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ รวมถึงนักเรียนยังสนุกกับการถ่ายภาพสเปกตรัมด้วยสมาร์ทโฟนของตนเองเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับกลุ่มอื่นในการอภิปรายผล

นอกจากการจัดเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญแล้ว การประเมินก็สำคัญด้วย เพื่อให้การประเมินการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ต้องมีการค้นคว้าและศึกษาพร้อมทั้งได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทำการแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้กับตัวอย่างต่อไป และนอกเหนือจากใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังสามารถประเมินการเรียนรู้ได้จากการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้วย นั่นคือถ้านักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาสาระที่ได้เรียนรู้ นักเรียนจะสามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้ในรูปแบบของวัจนภาษาและอวัจนภาษา (ธนกร อรรถจนาวัฒน์, 2017, น. 14)

การทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเป็นการทดลองเพื่อศึกษาโมเมนตัม การดล การชนแบบยืดหยุ่น การชนแบบไม่ยืดหยุ่น รวมถึงกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กิจกรรมการทดลองในหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 เป็นการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เพื่อศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน ทำการทดลองโดยให้วัตถุเคลื่อนที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยติดแถบกระดาษไว้กับรถทดลอง เครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะทำเครื่องหมายบนแถบกระดาษเมื่อรถทดลองมีการเคลื่อนที่ จากนั้นคำนวณขนาดของความเร็วและคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน ในบางครั้งการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณในชุดทดลองเกิดการเคาะซ้ำ หรือเคาะข้ามในแต่ละจุด มีผลทำให้การกระจัดและเวลาที่วัดได้อาจมีความคลาดเคลื่อน (สมพร บัวประทุม, 2019, น. 288-299)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติที่ใช้รางลม (Air Track) เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นราบร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยใช้ชุดลวดโซลินอยด์และแม่เหล็กตามลำดับระหว่างรถทดลองทั้งสองคัน เพื่อคำนวณหาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (Parinya Saphet และคณะ, 2017, น. 1-6) โดยการทดลองข้างต้นเป็นการทดลองที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นการทดลองที่คำนวณความเร็วก่อนการชนและหลังการชนเท่านั้น แต่สิ่งที่ยังขาดอยู่คือ ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์และปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดในระหว่างการชนได้ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็วในระหว่างการชน แรงดล การดล เป็นต้น ดังนั้นการนำสมาร์ทโฟนเข้ามาเป็นตัวช่วยในการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติจึงเป็นตัวเลือกที่ดี เนื่องจากสมาร์ทโฟนมีเซนเซอร์วัดความเร็วรวมถึงมีการใช้โมบายแอปพลิเคชันมาช่วยในการบันทึกข้อมูล ดังเช่นการใช้สมาร์ทโฟนเพียงสองเครื่องในการทดลอง ซึ่งติดตั้งโมบายแอปพลิเคชันจากงานวิจัยนี้สามารถคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนรวมถึงสามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นในระหว่างการชน (Jesus และ Sasaki, 2016, น. 1-7)



ผู้วิจัยจึงสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับ  
 ใบบายแอปพลิเคชันในเพื่อบันทึกข้อมูลความเร่งและเวลาในการเคลื่อนที่ของสมาร์ทโฟน รวมถึง  
 เรียนรู้ปรากฏการณ์การชน ประกอบด้วย ช่วงก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชน เพื่อให้  
 นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง  
 โมเมนตัมและการชน และแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา  
 เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียน

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้มี  
 ประสิทธิภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนเมื่อเรียนด้วยชุดกิจกรรมการ  
 ทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง  
 เรื่อง โมเมนตัมและการชนกับการเรียนแบบปกติ
4. เพื่อศึกษาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาโดยใช้ชุดกิจกรรม  
 การทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

### ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อทราบผลของการชนที่เกิดขึ้นและปริมาณที่เกี่ยวข้องของก่อนการชน ระหว่างการชน  
 และหลังการชน ส่งผลให้กฎและทฤษฎีเกี่ยวกับการชนเป็นรูปธรรมมากขึ้น
2. เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ส่งผลให้นักเรียนมี  
 ความรู้ความเข้าใจเรื่องโมเมนตัมและการชน
3. ส่งเสริมทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาแก่นักเรียน

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียน  
 มัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดนครสวรรค์ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42

### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย 2 ห้องเรียน 80 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 39 คน

กลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบปกติ จำนวน 41 คน

### ระยะเวลาในการทำวิจัย

เวลาในการทดลอง 10 คาบ คาบละ 50 นาที

### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเนื้อหา ประกอบด้วย โมเมนตัม การดลและแรงดล การชนในหนึ่งมิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
  - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน
  - 2.2 ทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดกิจกรรม หมายถึง สื่อที่ครูใช้ประกอบในการสอน เพื่อให้ให้นักเรียนได้ศึกษาและรับความรู้ตามขั้นตอนที่กำหนดรวมถึงสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ และขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม โดยการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม และกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ

2. โมบายแอปพลิเคชัน หมายถึง โปรแกรมซึ่งสามารถติดตั้งได้ง่ายผ่านผู้ให้บริการในระบบปฏิบัติการต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความสามารถของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่นอกเหนือจากใช้สำหรับการสนทนาเพียงอย่างเดียว แต่สามารถทำงานได้หลากหลายคล้ายคอมพิวเตอร์ โดยใน

วิจัยนี้ใช้ SPARKvue ที่อาศัยเซนเซอร์ความเร่งที่ถูกติดตั้งภายในสมาร์ทโฟนในการบันทึกข้อมูลความเร่งขณะที่สมาร์ทโฟนเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไปได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ของนักเรียนซึ่งเกิดจากการเรียนรู้สิ่งที่อยู่รอบตัว ไม่ว่าจะเป็นการเรียนการสอน การทำกิจกรรม รวมถึงการสืบค้นหาความรู้ด้วยตนเอง และยังเป็นตัววัดความสำเร็จในการสอนของครูอีกด้วย ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนอกจากจะเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินนักเรียนว่ามีพัฒนาการมากน้อยเพียงใด ยังสามารถนำมาใช้พัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ของครูอีกด้วย ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ที่ครอบคลุมการเรียนรู้พฤติกรรมตามแนวคิดของบลูม 4 ด้าน ประกอบด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

4. ทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา หมายถึง การถ่ายทอดข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์จากสิ่งที่ได้เรียนรู้และการทดลองที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองผนวกกับความรู้ทางด้านทฤษฎี สรุปเป็นความรู้ในรูปแบบของตนเอง ซึ่งการสื่อสารจะต้องถูกต้อง ชัดเจน และมีความน่าสนใจ โดยในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

#### 4.1 เนื้อหา

- 1) เนื้อหาสำคัญถูกต้อง
- 2) เนื้อหาสำคัญครบถ้วนทุกประเด็น
- 3) เชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

#### 4.2 ภาษา มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจง่าย

4.3 สิ่งแทนความ มีการใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้ฟังเข้าใจง่ายขึ้น

#### 4.4 การนำเสนอ

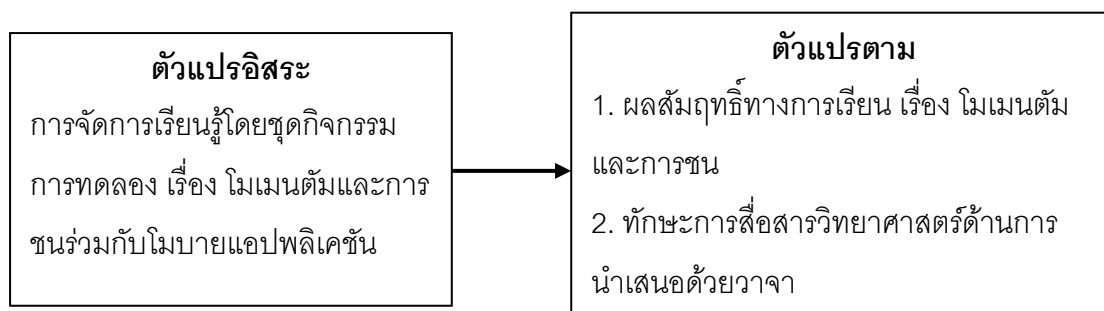
- 1) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้อง
- 2) บุคลิกภาพเหมาะสม

5. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแบบเรียนเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 โมเมนตัม กิจกรรมที่ 2 การดล และกิจกรรมที่ 3 การชนของวัตถุในแนวตรง ตามคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

### กรอบแนวคิดการวิจัย

ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นสื่อสำเร็จรูปที่สร้างประกอบการจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วม มีการแก้ปัญหาภายในกลุ่ม รวมถึงนักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง สามารถเชื่อมโยงในแต่ละหัวข้อ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสาระการเรียนรู้ที่สอดแทรกในกิจกรรม ครูคอยช่วยเหลือในการทำกิจกรรมการทดลองเท่านั้น รวมถึงสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองระหว่างครูและนักเรียน เพื่อให้นักเรียนไม่ตึงเครียดจนเกินไปพร้อมทั้งสามารถดึงศักยภาพของตนเองออกมาให้ได้มากที่สุด (ชนัตว์ ชามทอง, 2550, น. 27) ผนวกกับการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเป็นการทดลองที่คำนวณความเร็วก่อนการชนและหลังการชนเท่านั้น แต่สิ่งที่ยังขาดอยู่ คือ ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์และปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดในระหว่างการชนได้ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็วในระหว่างการชน การดล เป็นต้น ดังนั้นการนำโมบายแอปพลิเคชันมาใช้ในการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติจึงเป็นตัวเลือกที่ดีเนื่องจากโมบายแอปพลิเคชันเข้ามาใช้ในเพื่อบันทึกข้อมูลความเร่งและเวลาในการเคลื่อนที่ของสมาร์ทโฟน ดังเช่นงานวิจัยที่ใช้สมาร์ทโฟนเพียงสองเครื่องในการทดลอง สามารถคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนรวมถึงสามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นในระหว่างการชน (Jesus และ Sasaki, 2016, น. 6) นอกจากนี้ยังสร้างความสนใจให้นักเรียนสนใจการเรียนมากขึ้น และยังส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้จากการทดลองระหว่างเพื่อนโดยการแบ่งปันข้อมูล (Streepey, 2013, น. 54-55) รวมถึงประเมินทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของนักเรียนร่วมกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิด แสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และการชน มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 70/70
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และการชน มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และการชน มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
4. นักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และการชน มีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาสูงกว่าเกณฑ์ (3.50)



## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม
  - 1.1 ความหมายของชุดกิจกรรม
  - 1.2 ประเภทของชุดกิจกรรม
  - 1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม
  - 1.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม
  - 1.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม
  - 1.6 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม
  - 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน
  - 2.1 ความหมายของโมบายแอปพลิเคชัน
  - 2.2 ประเภทของโมบายแอปพลิเคชัน
  - 2.3 ข้อดีของโมบายแอปพลิเคชัน
  - 2.4 โมบายแอปพลิเคชันที่ใช้ในงานวิจัย
  - 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการชน
  - 3.1 ผลการเรียนรู้โมเมนตัมและการชน
  - 3.2 สาระสำคัญ โมเมนตัม
  - 3.3 สาระสำคัญ แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม
  - 3.4 สาระสำคัญ การดลและแรงดล
  - 3.5 สาระสำคัญ การชนในหนึ่งมิติ
  - 3.6 สาระสำคัญ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.3 แนวปฏิบัติการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

- 5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์
- 5.2 ประเภทของทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์
- 5.3 เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์
- 5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

## 1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

### 1.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

มีนักการศึกษา (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553, น. 14; สุวิทย์ มูลคำ, 2546, น. 41) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมร่วมกัน คือ “เป็นนวัตกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครู ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ตามที่หลักสูตร” นอกจากนี้ประภาพรรณ เล็งวงศ์ (2551, น. 42) ยังให้ความหมายเพิ่มเติมว่า “ชุดกิจกรรมเป็นเอกสารที่บอกวิธีการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้เฉพาะเรื่อง โดยครอบคลุมสาระการเรียนรู้ไม่น้อยกว่า 1 หน่วยการเรียนรู้ต่อรายวิชา” อีกทั้งชุดกิจกรรมยังต้องประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เนื้อหา และวัสดุอุปกรณ์ (วัฒนาพร ระวังทุกข์, 2542, น. 27) และยังต้องพึงการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน บุคคลอื่นๆ และสิ่งแวดล้อมรอบตัวด้วย (ทศนา เขมมณี, 2543)

สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรม หมายถึง สื่อซึ่งครูใช้ประกอบการสอนเพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ตามขั้นตอนที่กำหนดรวมถึงสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ และขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม ผู้วิจัยใช้คำว่า ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม และกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ

### 1.2 ประเภทของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่ามีจุดประสงค์ในการนำไปใช้อย่างไร มีนักการศึกษาได้แก่ บุญเกื้อ คอระหาเวช (2542, น. 94-97) กล่าวถึงการแบ่งประเภท ดังนี้ “ชุดกิจกรรม ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยาย มีจุดประสงค์เพื่อปูพื้นฐานให้นักเรียนส่วนใหญ่ และเพื่อขยายเนื้อหาสาระให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ชุดกิจกรรมแบบกิจกรรมกลุ่ม มีจุดประสงค์เพื่อฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียน ประเภทสุดท้าย คือ ชุดกิจกรรมแบบรายบุคคล มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเพิ่มเติมด้วยตนเอง”

นอกจากนี้รววิทย์ นิเทศศิลป์ (2551, น. 269) กล่าวถึงการแบ่งประเภท ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมแบบบรรยาย ใช้ประกอบการสอนของครู ซึ่งประกอบด้วย คู่มือครู เนื้อหา สื่อ กิจกรรม

การเรียนรู้ และการประเมินผล ชุดกิจกรรมแบบกลุ่มย่อยหรือศูนย์การเรียนรู้ เป็นชุดกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ใช้สำหรับเรียนรู้ภายในกลุ่มด้วยตนเอง ประกอบด้วย บัตรคำสั่ง เนื้อหา สื่อประสม และการประเมินผล ชุดกิจกรรมรายบุคคล เป็นชุดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองตามคำแนะนำที่ระบุไว้ โดยนักเรียนสามารถนำไปศึกษานอกห้องเรียนได้ ซึ่งสามารถปรึกษาครูหรือหาหรือระหว่างนักเรียนได้ และชุดกิจกรรมทางไกล เป็นชุดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาด้วยตัวเองโดยไม่ต้องเข้าห้องเรียน

อีกทั้งสุคนธ์ สินธพานนท์ (2553, น. 16) กล่าวถึงการแบ่งประเภทที่แตกต่างออกไปอีกหนึ่งประเภทไว้ดังนี้ “ชุดกิจกรรมแบบผสม เป็นชุดกิจกรรมที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างหลากหลาย บางขั้นตอนครูอาจใช้วิธีการบรรยายประกอบการใช้สื่อ บางขั้นตอนอาจให้นักเรียนศึกษาความรู้จากชุดกิจกรรมแบบกลุ่ม”

สามารถสรุปได้ว่า การแบ่งประเภทชุดกิจกรรมขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ชุดกิจกรรมสำหรับครู เป็นชุดกิจกรรมที่ใช้ในการสอนนักเรียน ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน เป็นชุดกิจกรรมที่ให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมเอง

### 1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม

มีนักการศึกษา ได้แก่ บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542, น. 92-94) กล่าวถึงองค์ประกอบดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม เป็นคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ครูหรือนักเรียนปฏิบัติตามเพื่อให้บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ
2. บัตรคำสั่ง เป็นบัตรคำสั่งที่ให้นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมการเรียนรู้และสรุปบทเรียน ซึ่งประกอบด้วย คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการ และการสรุปบทเรียน
3. สื่อ เป็นสื่อที่ให้นักเรียนได้ศึกษา มีหลายรูปแบบ เช่น บทความ รูปภาพ วิดีทัศน์ เป็นต้น
4. แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าของนักเรียน โดยจะมีการประเมินนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ทราบถึงพัฒนาการของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมจากชุดกิจกรรมดังกล่าว

รวมถึงเกริก ท่วมกลาง (2555, น. 37) กล่าวถึงองค์ประกอบ ประกอบด้วย คู่มือการใช้ชุดการสอน เพื่อให้ครูใช้ในการศึกษากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ คำชี้แจง เพื่อกำหนดขั้นตอนใน



การเรียนแต่ละชั้น เนื้อหาสาระซึ่งอยู่ในชุดกิจกรรม การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ กิจกรรมเสริมทักษะ เนื้อหาสาระสำรองเพื่อเพิ่มพูนทักษะประสบการณ์

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ ชื่อกิจกรรม คำชี้แจง จุดประสงค์ของกิจกรรม เวลาที่ใช้ สื่อ อุปกรณ์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบ ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม มาตรฐานและสาระการเรียนรู้ คำชี้แจง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ เนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม และการประเมิน

#### 1.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม

การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ต้องมีการวางแผนในการสร้างชุดกิจกรรม วรกิต วัดเข้าหลาม (2542, น. 7-9) ได้แบ่งขั้นตอน ได้แก่ เริ่มจากการกำหนดหมวดหมู่เนื้อหา หน่วยการสอน หัวเรื่อง มโนคติ วัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรม กิจกรรม แบบประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เลือกและผลิตสื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมและวัตถุประสงค์ จากนั้นหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม และนำชุดกิจกรรมไปใช้

นอกจากนี้สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553, น. 16) กล่าวถึงการกำหนดขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมซึ่งแตกต่าง ประกอบด้วย “เลือกหัวข้อ กำหนดขอบเขตและเนื้อหา เขียนจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรม ควรเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ครูและนักเรียนทราบจุดประสงค์ว่าเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมแล้ว นักเรียนมีความรู้และความสามารถอย่างไร จากนั้นสร้างแบบทดสอบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบทดสอบวัดพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน แบบทดสอบย่อยและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน”

สรุปได้ว่า ขั้นตอนในการสร้างจะต้องศึกษาและกำหนดสาระการเรียนรู้ที่จะสร้างชุดกิจกรรม ตั้งจุดประสงค์ สร้างกิจกรรม สื่อ และแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เพื่อให้ชุดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ รวมถึงหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

#### 1.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมที่นำมาประกอบการจัดการเรียนรู้ นักการศึกษา (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2542, น. 7-8; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2551, น. 21-22; สุวิทย์ มูลคำ, 2546, น. 57-58) กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมร่วมกัน ประกอบด้วย นักเรียนรู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนสามารถศึกษาตามความสนใจ โอกาส และความพร้อมของแต่ละบุคคล นักเรียนสามารถศึกษานอกเวลาเรียนในทุกสถานที่และทุกเวลาไม่จำกัดชั้นเรียน แก้ปัญหาการขาดแคลนครู ซึ่งชุดกิจกรรมอาศัยการช่วยเหลือในระหว่างจัดกระบวนการเรียนรู้เพียงเล็กน้อย สร้างความมั่นใจให้แก่ครู และทำให้ครูมีเวลามากขึ้น

นอกจากประโยชน์ของชุดกิจกรรมที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ชุดกิจกรรมยังส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื่องจากชุดกิจกรรมได้ออกแบบและกำหนดจุดประสงค์อย่างชัดเจนไว้ อีกทั้งชุดกิจกรรมยังสามารถช่วยให้นักเรียนหลายคนได้รับความรู้แนวเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุวิทย์ มูลคำ, 2546, น. 57-58)

สรุปได้ว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสอนของครู พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาด้วยตัวเอง ครูสามารถถ่ายทอดเนื้อหาและความรู้ที่มีความซับซ้อน ซึ่งเนื้อหาที่เป็นเชิงนามธรรมมีความเข้าใจได้ยาก ในวิสัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โม่เมนต์และการชน ร่วมกับสมาร์ตโฟนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจมากขึ้น พร้อมทั้งสร้างความสนใจ

### 1.6 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

ประสิทธิภาพ คือ คุณภาพการดำเนินงานเพื่อให้งานสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายค่าน้อยที่สุดตามจุดมุ่งหมาย ซึ่งประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใด ๆ อย่างถูกวิธี โดยจะต้องมีเกณฑ์ประสิทธิภาพ ซึ่งหมายถึง ระดับประสิทธิภาพที่สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียน โดยเกณฑ์ประสิทธิภาพจะประเมินพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท ประกอบด้วย

1) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) เป็นการประเมินผลต่อเนื่อง โดยครอบคลุมหลายพฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการของนักเรียนจากการประกอบกิจกรรมย่อยในระหว่างการจัดการเรียนรู้หรืองานอื่นๆ ที่ครูได้มอบหมายในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้

2) การประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) เป็นการประเมินผลครั้งสุดท้ายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ นั่นคือ การทดสอบท้ายบทเรียนหรือการสอบไล่

ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมถูกกำหนดเป็นเกณฑ์ซึ่งครูหวังว่านักเรียนเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พอใจ  $E_1/E_2$  คือ ประสิทธิภาพกระบวนการ/ประสิทธิภาพผลลัพธ์ เช่น 80/80 คือ เมื่อเรียนจากชุดกิจกรรมแล้ว นักเรียนสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 80 ขณะที่ประเมินหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 80

หลังจากกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมแล้ว ครูต้องดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรม มีขั้นตอน ดังนี้

1) ทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว หมายถึง การทดสอบที่ครู 1 คนกับนักเรียน 1-3 คน สังเกตพฤติกรรม ประเมินผลการเรียนจากกระบวนการและประเมินผลลัพธ์ หาประสิทธิภาพ จากนั้นปรับปรุงก่อนไปทดสอบแบบกลุ่ม

2) ทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม หมายถึง การทดสอบที่ครู 1 คนกับนักเรียน 6-10 คน สังเกตพฤติกรรม ประเมินผลการเรียนจากกระบวนการและประเมินผลลัพท์นำมาหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุง

3) ทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม หมายถึง การทดสอบที่ครู 1 คนกับนักเรียน ทั้งห้อง สังเกตพฤติกรรม ประเมินผลจากกระบวนการและผลลัพท์และนำไปหาประสิทธิภาพของ ชุดกิจกรรม หากประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ให้ไปปรับปรุงให้ดีขึ้นและนำไปทดสอบซ้ำแต่คนละกลุ่ม จนได้ประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว ครูต้องนำผลงานจากกิจกรรม และแบบทดสอบหลังกิจกรรมให้คะแนน เพื่อคำนวณค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น. 10)

การหาค่า  $E_1$

$$E_1 = \frac{\sum x/N}{N/A} \times 100 \quad (2-1)$$

การหาค่า  $E_2$

$$E_2 = \frac{\sum F/N}{B} \times 100 \quad (2-2)$$

- เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพกระบวนการ  
 $E_2$  คือ ประสิทธิภาพผลลัพท์  
 $\sum x$  คือ คะแนนรวมแบบฝึกหัดหรือชิ้นงานของนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรม  
 $\sum F$  คือ คะแนนรวมของการสอบครั้งสุดท้ายของนักเรียนทุกคน  
 $N$  คือ จำนวนนักเรียนที่ได้รับการทดสอบ  
 $A$  คือ คะแนนเต็มแบบฝึกหัดในระหว่างการจัดกิจกรรม  
 $B$  คือ คะแนนเต็มแบบทดสอบครั้งสุดท้าย

## 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

นิคม ดิษฐคูลี และ พรจิต ประทุมสุวรรณ (2561, น. 334-345) ได้สร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิวเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องมือ ได้แก่ ชุดทดลอง เอกสารประกอบการทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัย พบว่า ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.57 และมีประสิทธิภาพร้อยละ 80.13/83.11

สมพร บัวประทุม (2019, น. 288-299) ได้พัฒนาชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่าย ตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเองและสมาร์ตโฟน เพื่อใช้สำหรับกิจกรรมการทดลองในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย พร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการทดลองนี้ ผลการทดลอง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 3.55 และจากการประเมินความพึงพอใจของชุดกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านความง่ายและความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้ทดลองหาค่าได้และสามารถใช้ได้เทียบเท่าชุดทดลองเชิงพาณิชย์ โดยกิจกรรมการทดลองที่พัฒนาขึ้นทุกโรงเรียนสามารถนำไปสร้างเพื่อให้นักเรียนใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบตกอิสระได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็นชุดกิจกรรมที่ประกอบด้วยชุดทดลองและแผนการจัดการเรียนเรียนรู้ ซึ่งเป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองให้ดียิ่งขึ้น มีความแม่นยำ และผนวกเข้ากับเทคโนโลยีเพื่อเป็นตัวช่วยในกิจกรรมอีกด้วย ผู้วิจัยสร้างชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ขึ้นโดยใช้โมบายแอปพลิเคชันในการบันทึกข้อมูล

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน

### 2.1 ความหมายของโมบายแอปพลิเคชัน

ปัจจุบันทุกคนมีสมาร์ตโฟนใช้เป็นของตนเอง (ภัทริยา อินทร์โทโล่, 2561, น. 328-341) ซึ่งสมาร์ตโฟนเป็นเครื่องมือสื่อสารที่เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์พกพาที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลัก อย่างเช่น เซนเซอร์ต่างๆ ที่ถูกติดตั้งในสมาร์ตโฟนกับโมบายแอปพลิเคชันได้ (ศิริพร น้อยอำคา, 2562, น. 80-91) โดยมีนักวิจัยหลายท่าน (รมณียา สุวรรณจรรยา, 2558, น. 24; รัตน์สินี ออมสินสมบุรณ์, 2559, น. 17) ได้ให้ความหมาย ดังนี้ “โมบายแอปพลิเคชัน คือซอฟต์แวร์ที่สามารถเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานของอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่รองรับบนปฏิบัติการนั้นๆ” โดย วัฒนา มัคคสมัน (2562, น. 49) กล่าวว่า “โมบายแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยคำว่า โมบาย

และแอปพลิเคชัน โดยโมบาย คือ อุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา ซึ่งนอกจากจะใช้งานตาม สมบัติพื้นฐานโทรศัพท์พร้อมทั้งสามารถทำงานได้เหมือนคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังเป็นอุปกรณ์ เคลื่อนที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถทำหน้าที่ได้อย่างหลากหลาย และแอปพลิเคชัน คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานของผู้ใช้ จะได้ว่า เป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ช่วยสนอง ความต้องการของผู้ใช้ ประกอบด้วยหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Android, iOS และ Window Phone เป็นต้น”

จากคำกล่าวข้างต้น โมบายแอปพลิเคชัน คือ โปรแกรมที่สามารถติดตั้งได้ง่ายผ่านผู้ ให้บริการในระบบปฏิบัติการต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความสามารถของโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อม ทั้งสามารถทำงานได้หลากหลายคล้ายคอมพิวเตอร์ โดยในวิจัยนี้จะใช้โมบายแอปพลิเคชันที่อาศัย เซนเซอร์ความเร่งที่ถูกติดตั้งภายในสมาร์ทโฟนในการบันทึกข้อมูลความเร่ง

## 2.2 ประเภทของโมบายแอปพลิเคชัน

รมณียา สุธรรมจรรยา (2558, น. 24-25) แบ่งประเภทของโมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งประกอบด้วย โมบายแอปพลิเคชันสำหรับเสริมการเรียนรู้เพื่อการเรียนรู้ด้วยตัวเอง สำหรับเสริมการ สอนเพื่อส่งเสริมการสอนของครู และสำหรับองค์ความรู้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงาน ประกอบการเรียนรู้หรือสร้างองค์ความรู้

สรุปได้ว่าวิจัยนี้ใช้โมบายแอปพลิเคชันในการบันทึกความเร่งของสมาร์ทโฟน ซึ่งถือ ว่าเป็นอุปกรณ์ประเภทรูปแบบเสริมการสอนเพื่อเป็นสื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

## 2.3 ประโยชน์ของโมบายแอปพลิเคชัน

พิมผกา ประเสริฐศิลป์ (2562, น. 11-12) ได้กล่าวถึงประโยชน์เพื่อการศึกษา ไว้ดังนี้ “ข้อแรก คือ สามารถสนองต่อความต้องการส่วนบุคคล ข้อที่สอง คือ ก่อให้เกิดการสร้างปฏิสัมพันธ์ อย่างมีความหมาย ข้อที่สาม คือ มีการออกแบบบทเรียนที่ยืดหยุ่นและชัดเจน ข้อที่สี่ คือ ให้การ สะท้อนผลการเรียนต่อนักเรียนได้ดี และข้อที่ห้า คือ มีข้อมูลสารสนเทศที่มีคุณภาพ”

นอกจากนี้ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 49-50) ได้กล่าวถึงประโยชน์ ดังนี้

1. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิสัมพันธ์ ต่อกันในการให้ข้อมูลที่จำเป็น

2. ช่วยให้นักเรียนเลือกกระบวนการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถ เลือกลงให้สอดคล้องกับความต้องการของแต่ละบุคคลได้

3. ช่วยตอบสนองความต้องการของนักเรียนแต่ละคนให้มีความยืดหยุ่นมาก ยิ่งขึ้น

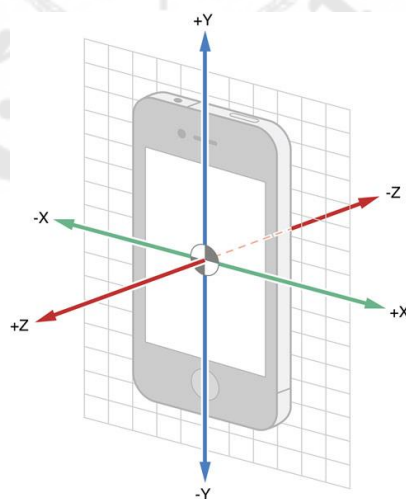
## 2.4 โบายแอปพลิเคชันที่ใช้ในงานวิจัย

### 2.4.1 SPARKvue

โบายแอปพลิเคชัน SPARKvue เป็นของ PASCO SCIENTIFIC ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ การแสดงผลข้อมูลซึ่งง่ายต่อการเข้าใจรวมถึงการแบ่งปันข้อมูลได้อย่างง่ายและรวดเร็วบนทุกแพลตฟอร์ม ฟังก์ชันหลัก เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งอาศัยเซนเซอร์ในสมาร์ทโฟนสำหรับการบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ การแสดงข้อมูลเป็นการแสดงผลในรูปของกราฟ ตัวเลข ตารางข้อมูล เครื่องมือวิเคราะห์เป็นการปรับขนาดของแกนให้พอดี การเลือกข้อมูลเพื่อเลือกส่วนของข้อมูลในการวิเคราะห์อย่างง่ายดาย เครื่องมือในการคำนวณสถิติพื้นฐานไม่ว่าจะเป็นค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เครื่องมือสำหรับคำนวณความชันของกราฟ เป็นต้น โดยสามารถดาวน์โหลดฟรีจาก App Store หรือ Play Store (PASCO SCIENTIFIC, 2019)

### 2.4.2 การใช้งานโบายแอปพลิเคชัน SPARKvue สำหรับงานวิจัยนี้

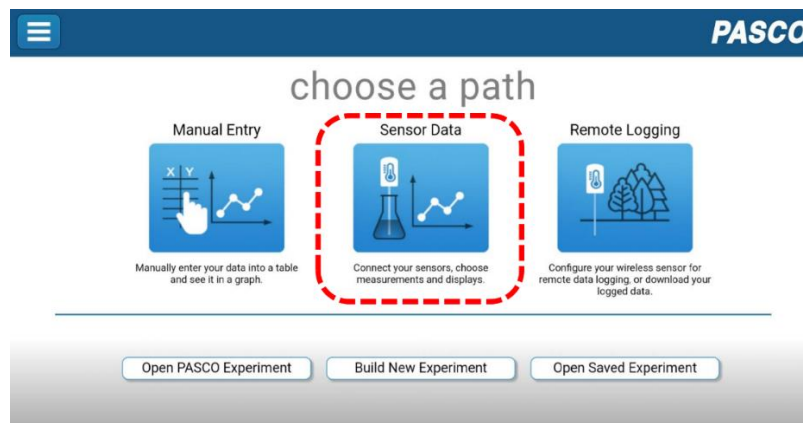
ในวิจัยนี้จะอาศัยเซนเซอร์ความเร่งที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน ซึ่งตรวจจับลักษณะการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นการตรวจจับแบบ 3 แกน ดังภาพประกอบ 2 โดยสมาร์ทโฟนนำเซนเซอร์ความเร่งมาใช้เพื่อการปรับทิศทางการแสดงผล หรือการใช้งานที่ต้องอาศัยการเอียงสมาร์ทโฟนไปในทิศทางต่างๆ จอแสดงผลจะปรับทิศทางการแสดงผลในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของสมาร์ทโฟนโดยอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการใช้งาน ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟนแบบ 3 แกน

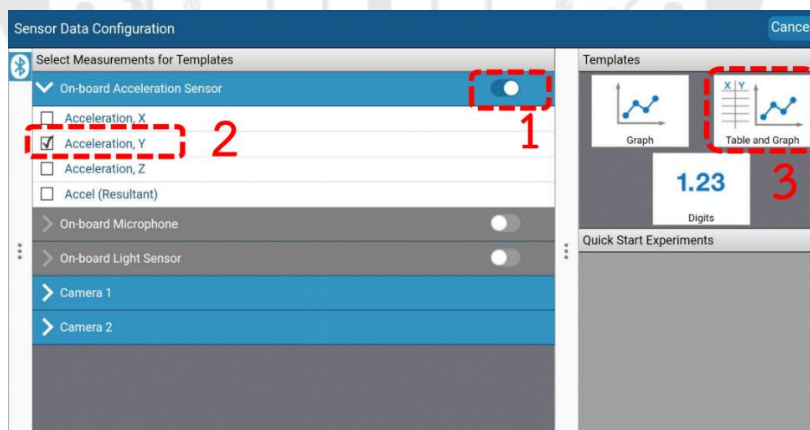
ที่มา: <https://www.thaimobilecenter.com/article-2557/understanding-sensors-on-mobile-phone-and-smartphone.asp>

1) เปิด SPARKvue เลือก Sensor Data ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 เลือกการใช้งานของ SPARKvue ในการทดลอง

2) เลือก On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y เลือกการแสดงผลแบบ Table and Graph ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 เลือกการแสดงผลของ SPARKvue ในการทดลอง

3) ปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งเป็น 100 เฮิร์ต ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งของ SPARKvue

4) กด Start เพื่อบันทึกข้อมูล ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การบันทึกข้อมูลความเร่งของ SPARKvue

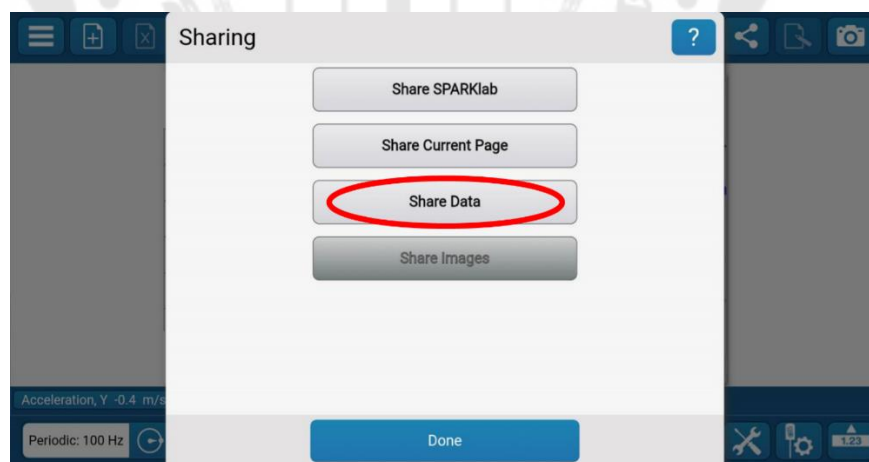


5) เมื่อบันทึกข้อมูลแล้วให้กด Stop จากนั้นส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ผ่าน  
เมล ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 การใช้ SPARKvue

6) เลือก Share Data และกด Done ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 การส่งออกข้อมูลของ SPARKvue

7) เมื่อดาวน์โหลดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เปิดผ่าน Microsoft Excel จากนั้นเลือกข้อมูลเวลาและความเร่งในแนวแกน y มาวิเคราะห์ ดังภาพประกอบ 9

Run 1	Run 1	Run 1	Run 1	Run 1	Run 1
Date and Time	Time (s)	Acceleration - x	Acceleration - y	Acceleration - z	Acceleration - resultant (m/s <sup>2</sup> )
#####	0	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.01	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.02	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.03	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.04	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.05	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.06	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.07	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.08	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.09	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.1	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.11	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.12	0	-0.4	9.9	9.9
#####	0.13	0	-0.4	9.9	9.9

ภาพประกอบ 9 การเลือกข้อมูลความเร่งและเวลาผ่านโปรแกรม Microsoft Excel

8) เมื่อเลือกข้อมูลความเร่งในแนวแกน y และเวลาที่ต้องการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณเพื่อหาความเร็วในแนวแกน y ในแต่ละช่วงเวลา ตามสมการ (2-3) (Jesus และ Sasaki, 2016) เพื่อนำผลการคำนวณมาวิเคราะห์ต่อไป

$$v_n = v_{n-1} + (a_{n-1} + a_n - 2a_{bg}) \frac{\Delta t_n}{2} \quad (2-3)$$

เมื่อ

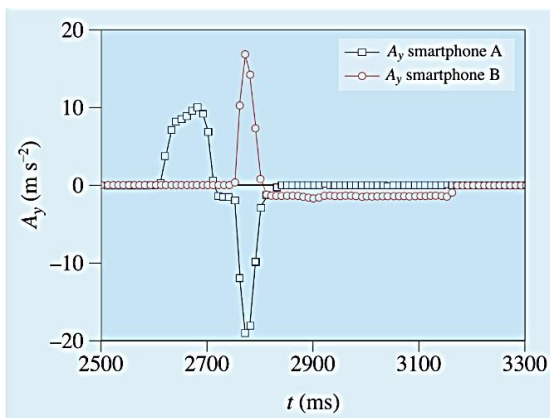
- $v_n$  คือ ความเร็วของสมาร์ทโฟนวินาทีที่ n หน่วย เมตรต่อวินาที
- $v_{n-1}$  คือ ความเร็วของสมาร์ทโฟนวินาทีที่ n-1 หน่วย เมตรต่อวินาที
- $a_n$  คือ ความเร่งของสมาร์ทโฟนวินาทีที่ n หน่วย เมตรต่อวินาที<sup>2</sup>
- $a_{n-1}$  คือ ความเร่งของสมาร์ทโฟนวินาทีที่ n-1 หน่วย เมตรต่อวินาที<sup>2</sup>
- $a_{bg}$  คือ ความเร่งพื้นหลังของสมาร์ทโฟนที่อยู่นิ่ง หน่วย เมตรต่อวินาที<sup>2</sup>
- $t_n$  คือ เวลาที่สมาร์ทโฟนเคลื่อนที่วินาทีที่ n หน่วย วินาที

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมบายแอปพลิเคชัน

ธวัชชัย นาคช่วย และคณะ (2561, น. 183-190) ได้พัฒนาชุดการทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) โดยใช้ท่อ PVC ยาว 1 เมตร เป็นท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน สำหรับการสั่นพ้องของเสียงและใช้สมาร์ทโฟนเป็นแหล่งกำเนิดเสียง พร้อมทั้งตรวจวัดระดับความเข้มเสียงด้วย รวมถึงใช้ความถี่เสียงในช่วง 800-2,000 เฮิรต ผลการวิจัย พบว่า เกิดการสั่นพ้องของเสียงที่ชัดเจน โดยมีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีร้อยละ 6

Streepey (2013, น. 54-55) นำเสนอตัวอย่างการทดลองในห้องเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการดลและโมเมนตัมโดยใช้ไอแพดหรือแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ ซึ่งติดตั้ง SPARKvue การทดลอง คือ ให้นักเรียนวางไอแพดซึ่งเปิด SPARKvue ไว้บนโต๊ะ จากนั้นผลักไอแพดไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วจนกระทั่งหยุด โดยนักเรียนสร้างกราฟความเร่งกับเวลาพร้อมทั้งคำนวณการดลจากพื้นที่ใต้กราฟซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลา จากการทดลองพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหรือการดลเกิดขึ้น เนื่องจากการดลค่าบวกและค่าลบจากพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาเท่ากัน ทำให้การดลสุทธิเป็นศูนย์

Jesus และ Sasaki (2016, น. 1-7) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการดลและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยใช้สมาร์ทโฟนสองเครื่องที่ติดตั้งโมบายแอปพลิเคชัน Bubble Level และ Accelerometer มาชนกันบนพื้นราบ ทำการทดลองโดยใช้มือผลักสมาร์ทโฟนเครื่องแรกให้ไปชนสมาร์ทโฟนอีกเครื่องหนึ่งที่อยู่นิ่ง ซึ่งติดตั้งฟองน้ำไว้บริเวณด้านหน้า เพื่อคำนวณแรงเสียดทานระหว่างสมาร์ทโฟนกับพื้น การดลและผลรวมของโมเมนตัมก่อนและหลังการชน เกิดกราฟแสดงในภาพประกอบ 10 จากการคำนวณพบว่า ผลรวมโมเมนตัมหลังการชนมีค่าน้อยกว่าผลรวมโมเมนตัมก่อนการชน เกิดจากแรงดลซึ่งคือแรงเสียดทานระหว่างสมาร์ทโฟนกับพื้นราบ นอกจากนี้การนำสมาร์ทโฟนสองเครื่องมาชนกันเป็นโมเดลจำลองการชนกันของวัตถุที่สามารถบอกปริมาณที่เกี่ยวข้องในระหว่างการชนได้ ซึ่งสามารถนำโมเดลจำลองนี้ไปออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับโมเมนตัมและการชน

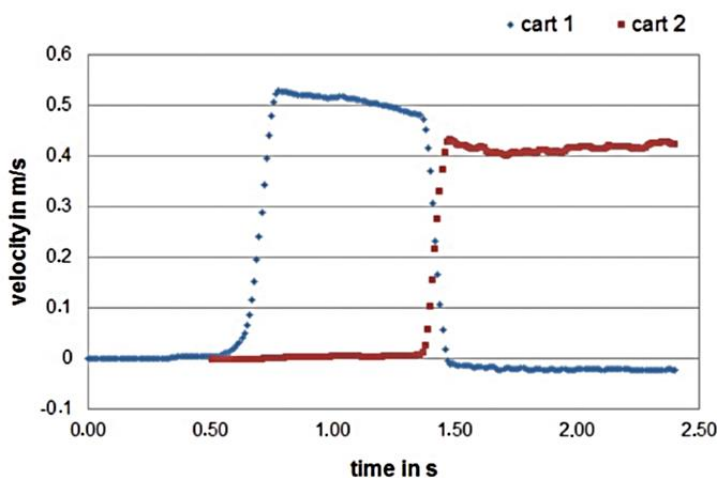


ภาพประกอบ 10 กราฟระหว่างความเร่งกับเวลาของการชนระหว่างสมาร์ทโฟน A และ B

ที่มา: VLB de Jesus; & DGG Sasaki. (2016). Modelling of a collision between two smartphones. p.4.

Vogt และ Kuhn (2014, น. 118-119) ได้ทดลองเพื่อศึกษาการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นโดยใช้สมาร์ทโฟน โดยใช้ SPARKvue ในการทดลองใช้ความเร็วสูงสุด 100 เอิร์ต การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

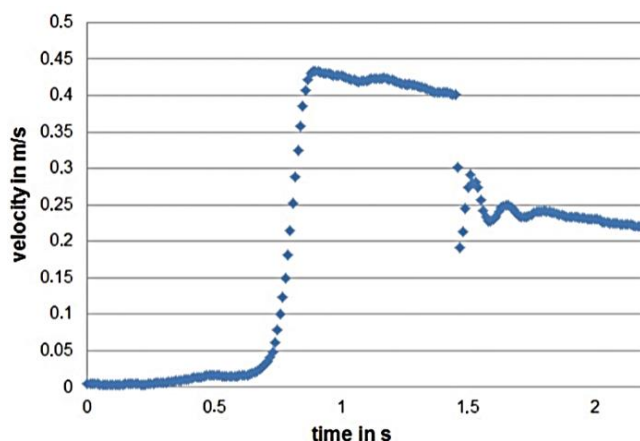
1) การทดลองการชนแบบยืดหยุ่น ทำการทดลองโดยใช้รถลากมวลเท่ากันซึ่งติดตั้งสมาร์ทโฟนไว้ด้านบนของรถลาก ด้านหน้ารถทั้งสองติดสปริง จากนั้นผลักรถลากคันหนึ่งด้วยมือไปชนรถลากอีกคันหนึ่งที่อยู่นิ่ง ผลการทดลองแสดงดังภาพประกอบ 11 จากการทดลองพบว่า ความเร็วสูงสุดของรถลากคันที่ถูกผลักประมาณ 0.53 เมตรต่อวินาที ก่อนการชนมีความเร็วลดลงเล็กน้อยเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างรถกับพื้นผิว หลังการชนรถลากคันแรกมีความเร็วลดลงจนกระทั่งเหมือนหยุดนิ่งและมีการเคลื่อนที่เล็กน้อยในทิศทางตรงข้าม รถลากคันที่สองที่อยู่นิ่งถูกรถคันแรกชน พลังงานจลน์เกือบทั้งหมดของรถลากคันแรกถูกถ่ายเทไปยังรถลากคันที่สองที่มีมวลเท่ากัน ทำให้รถลากคันที่สองมีความเร็ว 0.43 เมตรต่อวินาที ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและพลังงาน



ภาพประกอบ 11 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของการชนแบบยืดหยุ่น

ที่มา: Patrik Vogt; & Jochen Kuhn. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. p.119.

2) การทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ทำการทดลองโดยผลักรถลากไปชนกับรถลากอีกคันหนึ่งซึ่งอยู่นิ่ง ซึ่งรถลากทั้งสองคันติดแถบสำหรับปะยึดแทนสปริง ผลการทดลองแสดงดังภาพประกอบ 12 จากการทดลองพบว่า รถลากคันแรกมีความเร็วสูงสุด 0.43 เมตรต่อวินาที และลดลงเหลือ 0.40 เมตรต่อวินาทีเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างรถกับพื้นผิว หลังจากการชนมีการแกว่งในช่วงเวลาสั้นๆ ก่อนที่จะรถลากทั้งสองคันติดกันไปด้วยความเร็ว 0.23 เมตรต่อวินาที โดยรถลากคันแรกมีความเร็วหลังชนเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วเริ่มต้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี อีกทั้งความคลาดเคลื่อนระหว่างทฤษฎีและการทดลองจริงเกิดจากความไม่แน่นอนของการวัดและความถี่ในการทดลองซึ่งมีค่าน้อยสำหรับการทดลองการชน



ภาพประกอบ 12 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ที่มา: Patrik Vogt; & Jochen Kuhn. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. p.119.

จะเห็นได้ว่าการนำโมบายแอปพลิเคชันมาใช้ในการพัฒนาการทดลองและใช้บันทึกข้อมูลการทดลอง เพื่อช่วยให้ผลมีความแม่นยำมากขึ้น โดยผู้วิจัยใช้ SPARKvue ในการบันทึกข้อมูลความเร่งซึ่งอาศัยเซ็นเซอร์ความเร่งที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการชน

#### 3.1 ผลการเรียนรู้โมเมนตัมและการชน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 207) ได้กำหนดผลการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ดังต่อไปนี้

1) อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

2) ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ในวิจัยนี้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีสาระสำคัญ เรื่อง โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดล การชนในหนึ่งมิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยไม่ได้ครอบคลุมสาระสำคัญในส่วนของการติดตัวแยกจากกัน

### 3.2 สารสำคัญ โมเมนตัม

โมเมนตัม (momentum:  $\vec{p}$ ) คือ ผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ซึ่งเป็นปริมาณหนึ่งซึ่งบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็ว และโมเมนตัมได้ว่า

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2-4)$$

เมื่อ	$\vec{p}$	คือ โมเมนตัมของวัตถุ หน่วย กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที
	$m$	คือ มวลของวัตถุ หน่วย กิโลกรัม
	$\vec{v}$	คือ ความเร็วของวัตถุ หน่วย เมตรต่อวินาที

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางทิศของความเร็ว ในการทำให้วัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่ให้หยุดนิ่งพบว่า วัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออกแรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (กฎของความเฉื่อย) เขียนในรูปของโมเมนตัมได้ว่า เมื่อวัตถุมีความเร็วคงตัว โมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ

โมเมนตัมของวัตถุหรือระบบใดๆ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โมเมนตัมเชิงเส้น (Linear Momentum) สำหรับการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ และโมเมนตัมเชิงมุม (Angular Momentum) สำหรับการเคลื่อนที่รอบจุดหนึ่งๆ ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้โมเมนตัมเชิงเส้น โดยผู้วิจัยใช้คำว่า โมเมนตัม

นอกจากนี้ Serway (2013, น. 226-236) ได้อธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมเชิงเส้น คือ โมเมนตัมของอนุภาคหรือวัตถุซึ่งสามารถจำลองแบบได้จากการเคลื่อนที่ของอนุภาคมวล  $m$  ด้วยความเร็ว  $\vec{v}$  โดยโมเมนตัมถูกกำหนดให้เป็นผลคูณของมวลและความเร็วของอนุภาค คำนวณได้ตามสมการ (2-4) ถ้าหากอนุภาคเคลื่อนที่ในทิศทางใดๆ โมเมนตัมเชิงเส้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

$$p_x = mv_x \quad (2-5)$$

$$p_y = mv_y \quad (2-6)$$

$$p_z = mv_z \quad (2-7)$$

### 3.3 สำคัญ แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เขียนในรูปของโมเมนตัมได้ว่า แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทางหรือความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมของอนุภาคกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาค (Serway, 2013, น. 226-236)

จาก

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2-8)$$

จะได้ว่า

$$\sum \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2-9)$$

หรือ

$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad (2-10)$$

สมการ (2-8), (2-9) และ (2-10) แสดงให้เห็นว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมต่อเวลาเท่ากับแรงสุทธิที่กระทำต่ออนุภาค

### 3.4 สำคัญ การดลและแรงดล

เมื่อวัตถุสองสิ่งมีการกระทบกันจะมีแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำระหว่างกัน เมื่อพิจารณาแรงกระทำต่อวัตถุก่อนใดก่อนหนึ่ง จะเป็นไปตามสมการ (2-9)

สามารถเขียนได้ดังนี้

$$d\vec{p} = \sum \vec{F} dt \quad (2-11)$$

จากนั้นอินทิเกรตสมการเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบในช่วงเวลาหนึ่ง โดยมีการเปลี่ยนแปลงจาก  $\vec{p}_i$  ที่เวลา  $t_i$  ไปเป็น  $\vec{p}_f$  ที่เวลา  $t_f$

จะได้

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \sum \vec{F} dt \quad (2-12)$$

ถ้าแรงลัพธ์  $\sum \vec{F}$  นี้กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้นๆ  $dt \rightarrow 0$  เรียก  $\sum \vec{F}$  ว่า แรงดล (Impulsive Force) และปริมาณ  $\sum \vec{F} dt$  เรียกว่า การดล (Impulse,  $\vec{I}$ )



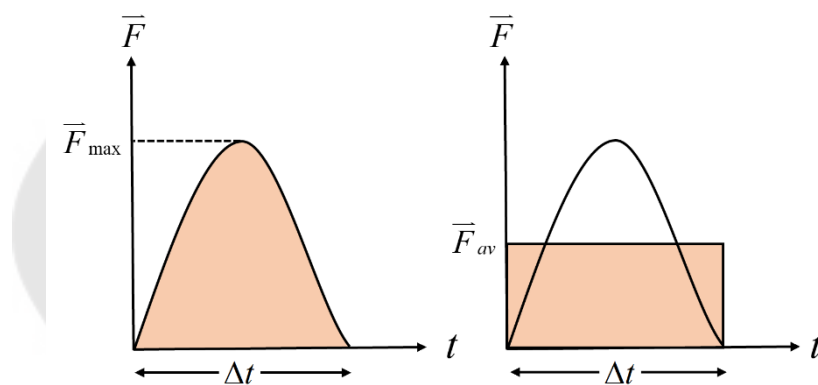
ดังนั้นจากสมการ (2-12) จะได้

$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \sum \vec{F} dt \quad (2-13)$$

หรือ

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t = \Delta \vec{p} = m\vec{v} - m\vec{u} = m\vec{a}\Delta t \quad (2-14)$$

การดลเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วย นิวตัน·วินาที หรือ กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที



ภาพประกอบ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของวัตถุที่กระทบกัน

จากภาพประกอบ 13 เป็นแรงที่วัตถุกระทบกันในช่วงเวลา  $\Delta t$  โดยพื้นที่ใต้กราฟ คือ การดลที่เกิดขึ้น เท่ากับ  $\vec{F}\Delta t$  จากภาพประกอบ 13 ซ้าย ขนาดของแรงไม่คงที่ในช่วงเวลา  $\Delta t$  ซึ่ง คำนวณการดลได้จากสมการ  $\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$  ขนาดของแรงที่ใช้ต้องมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงต้องใช้ แรงเฉลี่ยในช่วงเวลา  $\Delta t$  ตามภาพประกอบ 13 ขวา

จะได้

$$\vec{F}_{av} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} \quad (2-15)$$

นั่นคือ แรงดลที่ได้จากสมการ (2-15) คือ แรงดลเฉลี่ย จะเห็นว่าแรงดลทำให้เกิดการ เปลี่ยนโมเมนตัม การคำนวณการดลจากการเปลี่ยนโมเมนตัมเป็นเพราะว่าไม่สามารถวัดขนาด

ของแรงดลในเวลาสั้นๆ ได้ รวมทั้ง  $\Delta t$  มีค่าน้อย แต่การวัด  $m\vec{v} - m\vec{u}$  สามารถทำได้ง่ายกว่า รวมถึงขนาดของแรงมักจะมีค่าไม่คงตัว

### 3.5 สำคัญ การชนในหนึ่งมิติ

การชน คือ การกระทำต่อกันและกันระหว่างวัตถุ อะตอม หรือโมเลกุล เมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้กันหรือกระทบกันในช่วงเวลาสั้นๆ นอกจากนี้ เซอร์เวย์ เรย์มอนด์ เอ (2558, น. 261) ได้ให้ความหมายของการชนกัน หมายถึง “การที่อนุภาคสองอนุภาคเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและเกิดแรงกระทำต่อกัน อันตรกิริยาของแรงที่เกิดจากการชนจะต้องมีค่ามากกว่าแรงภายนอกอื่นๆ ที่มีอยู่ ดังนั้นสามารถใช้การประมาณค่าการดลได้” โดยสามารถแบ่งประเภทของการชน ดังนี้

1) การชนแบบยืดหยุ่น เป็นการชนที่ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน และผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนการชนและหลังการชนมีค่าเท่ากัน

จาก

$$\sum \vec{p}_{before} = \sum \vec{p}_{after} \quad (2-16)$$

จะได้

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} \quad (2-17)$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 \quad (2-18)$$

การชนกันระหว่างวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ลูกบิลเลียดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นโดยประมาณเท่านั้น เนื่องจากในความเป็นจริงแล้ววัตถุมีการผิดรูปและมีการสูญเสียพลังงานในรูปแบบต่างๆ เกิดขึ้น เช่น เสียงจากการชนของลูกบิลเลียด แต่การชนแบบยืดหยุ่นจริงๆ จะเกิดขึ้นกับวัตถุที่มีขนาดเล็กมากๆ เช่น การชนกันระหว่างอนุภาคในระดับที่เล็กกว่าอะตอมซึ่งไม่มีการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์

2) การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เป็นการชนที่ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน แต่ผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชนไม่ค่าไม่เท่ากัน

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 \neq \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 \quad (2-19)$$

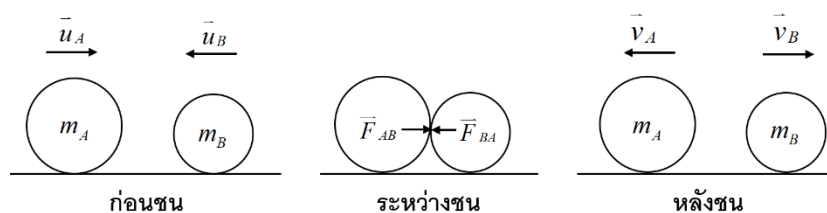
เมื่อ	$\sum \bar{p}_{before}$	คือ ผลรวมโมเมนตัมก่อนการชน หน่วย กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที
	$\sum \bar{p}_{after}$	คือ ผลรวมโมเมนตัมหลังการชน หน่วย กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที
	$m_1$	คือ มวลของวัตถุที่ชน หน่วย กิโลกรัม
	$m_2$	คือ มวลของวัตถุที่ถูกชน หน่วย กิโลกรัม
	$\bar{v}_{1i}$	คือ ความเร็วของวัตถุที่ชนก่อนการชน หน่วย เมตรต่อวินาที
	$\bar{v}_{2i}$	คือ ความเร็วของวัตถุที่ถูกชนก่อนการชน หน่วย เมตรต่อวินาที
	$\bar{v}_{1f}$	คือ ความเร็วของวัตถุที่ชนหลังการชน หน่วย เมตรต่อวินาที
	$\bar{v}_{2f}$	คือ ความเร็วของวัตถุที่ถูกชนหลังการชน หน่วย เมตรต่อวินาที

การชนแบบไม่ยืดหยุ่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ หลังการชนวัตถุติดกันไป และหลังการชนวัตถุเคลื่อนที่ไม่ติดกัน แต่ทั้ง 2 ชนิด มีการสูญเสียพลังงานจลน์

### 3.6 สำคัญ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2561, น. 174) ได้อธิบายกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวว่า “ถ้าไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว” หรือ “ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน”

พิจารณาภาพประกอบ 14 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 14 วัตถุ A และ B กระทบกัน

ก่อนการชน	วัตถุ A เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}_A$ วัตถุ B เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}_B$
หลังการชน	วัตถุ A เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}_A$ วัตถุ B เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}_B$

ขณะวัตถุ A และวัตถุ B ชนกัน โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ มีแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาระหว่างวัตถุทั้งสองเกิดขึ้น โดยมีขนาดเท่ากัน

จะได้

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (2-20)$$

โดยที่ 
$$\vec{F}_{AB} = \frac{m_A \vec{v}_A - m_A \vec{u}_A}{\Delta t} \quad (2-21)$$

$$\vec{F}_{BA} = \frac{m_B \vec{v}_B - m_B \vec{u}_B}{\Delta t} \quad (2-22)$$

$$\frac{m_B \vec{v}_B - m_B \vec{u}_B}{\Delta t} = -\left(\frac{m_A \vec{v}_A - m_A \vec{u}_A}{\Delta t}\right) \quad (2-23)$$

ดังนั้น 
$$m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B \quad (2-24)$$

สรุปได้ว่า เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบ ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบ

#### 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

##### 4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาและนักวิจัย (รัชดาภรณ์ เชื้อเล็ก, 2551, น. 37; สุดา มากบุญ, 2542, น. 13) ได้ให้ความหมายร่วมกันไว้ คือ “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีการวัดผลสัมฤทธิ์จากการใช้แบบทดสอบ” ในขณะเดียวกันกรมวิชาการ (2545, น. 13) ซึ่งเป็นกระทรวงที่เกี่ยวข้อง ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า “เป็นความสำเร็จในการกระทำใดๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือมีเจตจำนงก็ต้องอาศัยความรู้ในวิชาหนึ่งวิชาใดได้โดยเฉพาะ” จะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนมีประโยชน์ต่อตัวนักเรียนและครูในการพัฒนาตัวเอง โดยใช้แบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่าน (ล้วน สายยศ, 2539, น. 20; สมนึก ภัททิยธนี, 2544, น. 73) ให้ความหมายร่วมกัน คือ “แบบทดสอบที่วัดความรู้ในด้านต่างๆ ของนักเรียนที่ได้เรียนรู้อย่างมาแล้วในสถานศึกษา ว่านักเรียนมีความสามารถมากน้อยเพียงใด”

สรุปได้ว่า เป็นแบบทดสอบเพื่อใช้ในการประเมินความรู้ความสามารถจากการจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษา โดยสามารถวัดได้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบ กิจกรรม โครงการ เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

#### 4.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ (2539, น. 86-93) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทแบบทดสอบ 5 ประเภท ประกอบด้วย “แบบทดสอบความเรียง ใช้เพื่อวัดความสามารถในการบรรยายตามความคิดของตนเอง แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบถูกผิด แบบทดสอบจับคู่ เป็นแบบทดสอบที่แสดงข้อเท็จจริง เงื่อนไข ค่าตัวเลข หรือสัญลักษณ์ไว้ 2 ด้านขนานกันเป็นแนวตั้ง แล้วพิจารณาว่าเกี่ยวข้องกับข้อความใดในอีกด้านหนึ่ง และแบบทดสอบเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ข้อความถามจะมีตัวเลือกหลายคำตอบ”

นอกจากนี้จากการแบ่งประเภทแบบทดสอบตามรูปแบบของคำตอบแล้ว ศิริชัย กาญจนวาสี (2548, น. 163-166) แบ่งประเภทแบบทดสอบตามจุดประสงค์แบบทดสอบ ดังนี้

##### 1. จำแนกตามผู้สร้าง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น แบบทดสอบที่ใช้วัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ข้อสอบเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ และข้อสอบเพื่อประเมินผลการเรียน

1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น จากนั้นนำไปใช้ทดสอบและวิเคราะห์ผล เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพและใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบกับบุคคลทั่วไป

2. แบบทดสอบเพื่อวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในการเรียนแต่ละวิชา เป็นเรื่องๆ ไป

3. แบบทดสอบอัตนัย เป็นข้อสอบที่ส่งเสริมการแสดงความคิด ความสามารถ โดยใช้ภาษาของตนเอง สามารถวัดความคิดและทัศนคติของผู้สอบได้อย่างดี

4. แบบทดสอบปรนัย เป็นข้อสอบที่กำหนดให้ตอบสั้นๆ หรือแบบกำหนดให้เลือก ได้แก่ แบบถูก - ผิด ข้อสอบเติมคำ จับคู่ และเลือกตอบ

สรุปได้ว่า ประเภทแบบทดสอบ สามารถแบ่งได้ 5 ประเภท โดยใช้ลักษณะคำตอบ เป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภท เช่น คำตอบความเรียง เต็มคำ และเลือกตอบ ซึ่งในหนึ่งแบบทดสอบ สามารถมีลักษณะของคำตอบมากกว่าหนึ่งประเภท เพื่อการประเมินนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบปรนัย 20 คำถาม 20 คะแนน โดยหนึ่งคำถามมี 4 ตัวเลือก ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และแบบอัตนัย 5 คำถาม 10 คะแนน

### 4.3 แนวปฏิบัติการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 1. กำหนดจุดมุ่งหมายการทดสอบ

เตือนใจ เกตุษา (2549, น. 16-17) กล่าวว่า “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีจุดมุ่งหมายการทดสอบแตกต่างกันออกไป คือ เพื่อจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ โดยยึดเอาปริมาณความสัมฤทธิ์ผลของนักเรียนเป็นหลัก และเพื่อแจกแจงระหว่างนักเรียนซึ่งมีความรู้ถึงมาตรฐานที่ตั้งไว้ โดยเกณฑ์การสร้างข้อสอบ คือ การพิจารณาจุดมุ่งหมายการทดสอบและนำมาสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่งเป็นเทคนิคที่จะช่วยให้ครูทราบว่าจะต้องสอนและออกข้อสอบอย่างไรจึงจะสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหลักสูตร และจุดมุ่งหมายการทดสอบ”

#### 2. วิเคราะห์หลักสูตร

ครูจะต้องวิเคราะห์หลักสูตร จากนั้นนำมากำหนดเป็นแผนการสอนสอดคล้องสาระการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย สาระสำคัญรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ สื่อการสอน วิธีสอน เนื้อหาสาระประจำรายวิชา การวัดและประเมินผล และแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนั้นในขั้นตอนการวัดและประเมินผลจะต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตรเป็นรายสาระการเรียนรู้ด้วยการจำแนกองค์ประกอบของเนื้อหาในรายวิชาและพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวัง พร้อมทั้งให้น้ำหนักเป็นคะแนนในพฤติกรรมที่คาดหวัง โดยจุดประสงค์การเรียนรู้หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังเป็นการสร้างแบบทดสอบตามแนวคิดของบลูม ซึ่งมีทั้งหมด 6 ชั้นที่เรียงลำดับจากความรู้ระดับต่ำไปสูง ดังนี้ (สุวิมล ติรกานันท์, 2550, น. 84-86)

- 1) ความรู้ความจำ หมายถึง การระลึกเรื่องราว ประสบการณ์
- 2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ เป็นพฤติกรรมที่สามารถดัดแปลงแก้ไขสิ่งที่ยากมาเป็นสิ่งที่ย่าง
- 3) การนำไปใช้ ได้แก่ การนำหลักวิชาไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่าง แก้ปัญหาที่ยังไม่เคยแก้ และยกตัวอย่างสิ่งที่เรารู้มาแล้วได้ในสถานการณ์ที่แตกต่าง

4) การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์สิ่งใด

5) การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการรวมสิ่งต่างๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อให้เป็นสิ่งใหม่อีกรูปหนึ่ง ซึ่งมีโครงสร้าง ลักษณะ หรือหน้าที่ต่างไปจากเดิมก่อนนำมารวมกัน ประกอบด้วย การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงาน และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6) การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของความคิดทุกชนิด เพื่อเปรียบเทียบมาตรฐาน ประกอบด้วย การประเมินค่าใช้เกณฑ์ภายในและการประเมินค่าใช้เกณฑ์ภายนอก

### 3. สร้างข้อสอบ

ขั้นตอนการสร้างข้อสอบให้ตรงกับระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านการวิเคราะห์หลักสูตรมาแล้ว การเลือกใช้คำกริยาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบเป็นเครื่องมือช่วยให้ครูสร้างข้อสอบได้สะดวกและตรงตามพฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังมากยิ่งขึ้น ดังแสดงตามตาราง 1

ตาราง 1 คำกริยาที่ใช้ในการตั้งคำถามตามพฤติกรรมที่คาดหวังจากการเรียนรู้ด้านความรู้ ความคิดจากระบบการจัดจำแนกของบลูม

ผลการเรียนรู้	คำกริยา	คำขยาย
1. ความรู้-ความจำ		
1.1 รู้ข้อเท็จจริงเฉพาะอย่าง		
1) ศัพท์และนิยาม	บอก ระบุ บรรยาย เลือกร	ศัพท์ ศัพท์เฉพาะ ความหมาย นิยาม คำแปล ตัวอย่าง
2) ข้อเท็จจริงเฉพาะ	บอก ระบุ บรรยาย	ชื่อ วัน เวลา แหล่งที่มา บุคคล สถานที่ คุณสมบัติ ตัวอย่าง สูตร ความจริง จำนวน ประโยชน์ โทษ สิทธิ หน้าที่
1.2 วิธีดำเนินการ		
1) รู้ระเบียบแบบแผน	บอก ระบุ บรรยาย เลือกร	รูปแบบ ระเบียบ แบบแผน กฎเกณฑ์เครื่องมือ สัญลักษณ์ ประเพณี วัฒนธรรม
2) รู้ลำดับขั้นและ แนวโน้ม	บอก ระบุ บรรยาย	ลำดับขั้น แนวโน้ม การพัฒนา ความต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ อิทธิพล
3) รู้พวกและประเภท	บอก ระบุ บรรยาย จำแนก ให้ตัวอย่าง	ชนิด ประเภท พวก แบบ ชุด สาขา
4) รู้เกณฑ์	บอก ระบุ เลือกร บรรยาย	เกณฑ์ คุณสมบัติเฉพาะตัว
5) รู้วิธีการ	บอก ระบุ บรรยาย	วิธีการ เทคนิค กระบวนการ
2. ความเข้าใจ		
2.1 แปลความหมาย	แปล เปลี่ยนรูป ใช้ภาษา ตัวเอง ยกตัวอย่าง เปรียบเทียบ ถอดความ	คำ ข้อความ ภาพ สัญลักษณ์ ข้อมูลแผนที่ ตาราง กราฟ พฤติกรรมพฤติกรรม การ ทดลอง คติพจน์ สุภาษิตคำ พังเพย เรื่องราว ความสำคัญ



## ตาราง 1 (ต่อ)

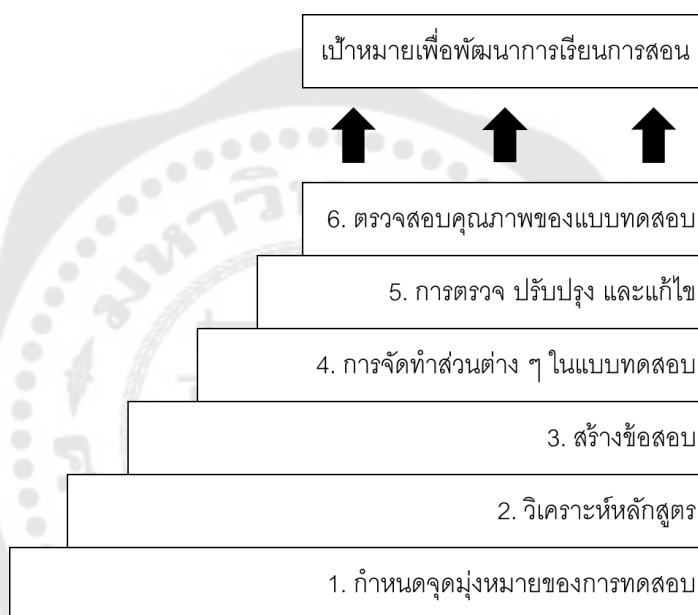
ผลการเรียนรู้	คำกริยา	คำขยาย
2. ความเข้าใจ		
2.2 ตีความ	ตีความหมาย บอก จัดลำดับ จัดเรียงใหม่ สรุปย่อ อธิบาย แสดงให้ เห็น จำแนก	จุดสำคัญของเรื่อง ข้อสรุป วิธีการ ทฤษฎี ความหมายรวม ยอด
2.3 ขยายความ	กะประมาณ พยากรณ์ สรุปอ้างอิง ขยาย จำแนก ลงสรุป กำหนด อธิบาย สมมติ คาดคะเน บอก	ผลที่ตามมา ข้อสรุป องค์ประกอบ ความน่าจะเป็น ความหมาย
3. การประยุกต์ใช้	ใช้ คำนวณ เลือกสร้าง เสนอ แก้ปัญหา ผลิต แสดง ปรับปรุง โครงสร้างใหม่ เปลี่ยนแปลง อธิบาย	หลักเกณฑ์ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป วิธีการ ทฤษฎี กระบวนการ สถานการณ์ ปรัชญาการณ ความสอดคล้อง ขอบเขต หลักวิชา การปฏิบัติ
4. การวิเคราะห์		
4.1 องค์ประกอบ	บ่ง จำแนก สกัด ค้นหา แยกแยะ เลือก	ชนิด สิ่งสำคัญ ต้นตอ สาเหตุ ผล ข้อสรุป จุดประสงค์ สมมติฐาน องค์ประกอบ
4.2 ความสัมพันธ์	บ่ง จำนวน ค้นหา บอกความแตกต่าง บอกความคล้ายคลึง	ความสัมพันธ์ ความสอดคล้อง ข้อขัดแย้ง ระดับความสัมพันธ์ ชนิดความสัมพันธ์ องค์ประกอบ
4.3 หลักการ	บอก ค้นหา แยกแยะ สรุป	โครงสร้าง หลักการ คำโครง การเรียงลำดับ

ตาราง 1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	คำกริยา	คำขยาย
5. การสังเคราะห์		
5.1 ข้อความ	เขียน บอก สร้าง แก้ไข รวบรวม ประกอบ ขยาย	โครงสร้าง การกระทำ แบบแผน ข้อความสิ่งสื่อสารต่างๆ
5.2 แผนงาน	ผลิต วางโครงการ เสนอ สร้าง ออกแบบ ปรับปรุง	แผนงาน จุดประสงค์ รายละเอียด คำโครง วิธีปฏิบัติ แนวทางการแก้ปัญหา
5.3 ความสัมพันธ์	ผลิต สร้างขึ้น พัฒนา ขยาย ผสมผสาน อนุมาน จำแนก แบ่งพวก ค้นหา จัด อ้างถึง ต่อเติม พิสูจน์	ความสัมพันธ์ ข้อยุติ ข้อสรุป สมมติฐาน วิธีการ ทฤษฎี ความคิดรวบยอด ปรากฏการณ์กลุ่ม
6. การประเมิน		
6.1 ใช้เกณฑ์ภายใน	ตัดสิน ประเมิน โต้แย้ง ตัดสินใจ ระบุความ สอดคล้อง ระบุเหตุผล เปรียบเทียบ ระบุเกณฑ์	ความถูกต้อง ความผิดพลาด ข้อบกพร่อง ความเชื่อถือได้ ความแม่นยำ ครบถ้วน ความเหมาะสม ความสมเหตุสมผล
6.2 ใช้เกณฑ์ภายนอก	ตัดสิน ชี้ขาด โต้แย้ง พิจารณา เปรียบเทียบ ประเมิน	ความถูกต้อง ผิดพลาด ทางเลือก ประโยชน์ ทฤษฎี ข้อสรุป เรืองราว เหตุการณ์ ประสิทธิภาพ

ที่มา: สุวิมล ติรกานันท์. (2550). การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. หน้า 91.

4. การจัดทำส่วนต่างๆ ในแบบทดสอบ เช่น มีคำชี้แจงในการตอบอย่างชัดเจน
  5. การตรวจ ปรับปรุง และแก้ไข โดยอ่านและวิเคราะห์คำถามทุกข้ออย่างละเอียด ทั้งภาษา ตัวสะกด ความชัดเจน ความถูกต้องของคำถาม ความยากง่าย เหมาะสมกับผู้ตอบ ข้อสอบตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือพฤติกรรมที่คาดหวังหรือไม่
  6. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ
- จากแนวปฏิบัติในการสร้างข้างต้น สามารถสรุปดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 สรุปแนวปฏิบัติในการสร้างแบบทดสอบ

#### 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ปิยนันท์ ปานนิ่ม และคณะ (2016, น. 73-83) ได้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน เรื่องระบบย่อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์และระดับความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่า โมบายแอปพลิเคชันมีคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อมัลติมีเดียอยู่ในระดับดีมากที่สุด ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อีกทั้งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

นุชจิรา แดงวันสี และคณะ (2561, น. 61-73) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องตารางธาตุ โดยจัดการเรียนรู้ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชัน ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และพึงพอใจในการเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด

จะเห็นได้ว่าการออกแบบกิจกรรมที่อาศัยการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้นทั้งสิ้น โดยผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ร่วมกับใช้โมบายแอปพลิเคชันในการบันทึกข้อมูลเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

### 5.1 ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษา (Lindberg Christensen, 2007; ธนกร อรรถจนาวัฒน์, 2017, น. 20-27; ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2556, น. 25-37) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารวิทยาศาสตร์ร่วมกันคือ “การถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทั้งด้านการนำเสนอด้วยวาจาและการเขียน โดยผู้รับสารต้องมีวิจรรย์ญาณในการรับสารเพื่อการตัดสินใจต่างๆ” นอกจากนี้กรมวิชาการ (2546) ให้ความหมายสื่อสารวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดในวิทยาศาสตร์ที่ได้จากกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งแสดงออกด้วยการพูดหรือการเขียนในรูปแบบที่ชัดเจนและมีเหตุผล” นอกจากนี้การสื่อสารวิทยาศาสตร์ หรือ Science Communication ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ.2530 ได้ให้ความจำกัดความไว้ดังนี้ “การสื่อสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี หมายถึง การใช้ความรู้ด้านนิเทศศาสตร์ในการอธิบายสร้างความเข้าใจ จุดประกาย หรือทำให้เกิดแนวคิดต่างๆ จากนักวิทยาศาสตร์สู่ประชาชนหรือกลุ่มเป้าหมายให้เข้าใจในวิทยาศาสตร์ว่ามีประโยชน์ และโทษอย่างไร”

สรุปได้ว่า การสื่อสารวิทยาศาสตร์ หมายถึง การถ่ายทอดข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์จากสิ่งที่ได้เรียนรู้และการทดลองที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองผนวกกับความรู้ทางด้านทฤษฎี สรุปเป็นความรู้ในแบบเฉพาะของตัวเอง สามารถนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ซึ่งการสื่อสารจะต้องถูกต้อง ชัดเจน และมีความน่าสนใจ

### 5.2 ประเภทของทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

ประเภทของทักษะการสื่อสาร สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

5.2.1 ทักษะการสื่อสารด้านการฟัง เป็นทักษะที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เพื่อที่จะฟังสาระที่เป็นประโยชน์และปรับใช้ได้อย่างถูกต้อง โดยมีนักการศึกษาและผู้วิจัยได้เสนอกิจกรรมที่สามารถสร้างเสริมทักษะการสื่อสารด้านการฟัง ดังนี้

1) การฟังเพื่อจับใจความสำคัญ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2543, น. 360) ให้ฟังบทความ คำอธิบายพร้อมทั้งให้จับใจความสำคัญของเหตุการณ์ที่ฟัง ใช้การตั้งคำถามล่วงหน้าเพื่อให้มีจุดมุ่งหมายในการฟังและสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทความนั้นชัดเจนยิ่งขึ้น

2) การฟังเรื่องสั้นง่ายๆ ให้ตรงกับความสนใจของนักเรียน โดยเริ่มจากการฟัง และวิเคราะห์เป็นกลุ่ม เมื่อนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นให้นักเรียนเริ่มฟังและวิเคราะห์ด้วยตนเอง และเพิ่มระดับความยากจากการฟังเรื่องง่ายๆ ที่ตนเองสนใจเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน เช่น การอภิปราย การแสดง เป็นต้น (เบญจมาศ อยู่เป็นแก้ว, 2548, น. 101)

5.2.2 ทักษะการสื่อสารด้านการพูด การพูดเป็นทักษะการสื่อสารเพื่อถ่ายทอด ความรู้และใช้สำหรับการส่งสารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการแสดงความคิดเห็น ความรู้สึก ไปยังผู้รับสาร โดยทักษะการสื่อสารด้านการพูดนั้นไม่ได้พิจารณาเฉพาะการพูดเพียงเท่านั้น แต่ยังพิจารณาถึง บุคลิกภาพในการพูดของผู้ส่งสารด้วยเช่นกัน โดยมีนักการศึกษาและผู้วิจัยหลายท่านได้เสนอ กิจกรรมที่สามารถสร้างเสริมทักษะการสื่อสารด้านการพูด ดังนี้

1) การตอบคำถามจากเรื่องที่ได้ฟัง ครูหรือเพื่อนในห้องเป็นผู้ถาม รวมถึงให้นักเรียนผลัดเปลี่ยนกันตั้งคำถามและตอบคำถาม (กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 34)

2) การนำเสนอ ให้สรุปรายงานในกิจกรรมที่ได้ทำ การนำเสนอจากการอ่าน และการดูสารคดีหรือภาพยนตร์ซึ่งเป็นการพูดที่มีวัตถุประสงค์ในการสื่อสาร (อรพินท์ ต้นเมืองใจ, 2556, น. 61)

3) การสนทนา ไม่ว่าจะเป็นการเล่าประสบการณ์ของนักเรียน การรายงาน เรื่องราวต่างๆ หรือการจัดสถานการณ์ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนได้สนทนาซึ่งกันและกัน (กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 34)

4) การอภิปรายและแสดงความคิดเห็น จะเป็นการกำหนดหัวข้อในการ อภิปรายและแสดงความคิดเห็นร่วมกันหรือดูภาพยนตร์เพื่อให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายและแสดง ความคิดเห็นต่อกัน (อัจฉราภรณ์ สุริยงค์, 2548, น. 16)

5.2.3 ทักษะการสื่อสารด้านการอ่าน เป็นการรับสารที่มีความเกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์และเป็นการรับสารที่ง่าย แต่การจะรับสารให้มีประสิทธิภาพได้นั้น ต้องมีการพัฒนา ทักษะในการอ่าน โดยมีนักการศึกษาและผู้วิจัยได้เสนอกิจกรรมที่สามารถสร้างเสริมทักษะการ สื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการอ่าน ดังนี้

1) การอ่านบทความง่ายๆ ไม่มีการใช้คำศัพท์ที่ซับซ้อน โดยจับเวลาในการ อ่านบทความและประเมินการอ่านโดยการตั้งถามและตอบคำถามจากบทความด้วยตัวเอง (มัทนา นาคะบุตร, 2542, น. 32)

2) การอ่านเพื่อจับความสำคัญ รวมถึงทัศนคติผู้เขียน เริ่มจากการอ่านเพื่อจับความสำคัญในแต่ละย่อหน้าจากนั้นพัฒนาเป็นทั้งเรื่อง (ชวณ เพชรแก้ว, 2542, น. 137)

3) การอ่านในเรื่องที่นักเรียนสนใจ โดยจะเป็นการให้การบ้านนักเรียนให้อ่านบทความที่นักเรียนให้ความสนใจเป็นพิเศษ จากนั้นให้นักเรียนเขียนสรุปจากบทความที่นักเรียนได้อ่านมา (จรัสลักษณ์ จีรวินุลย์, 2546, น. 31-32)

5.2.4 ทักษะการสื่อสารด้านการเขียน เป็นการสื่อสารที่อาศัยสัญลักษณ์ในการสื่อสารถ่ายทอดออกมาให้ผู้รับสาร ไม่ว่าจะเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประสบการณ์ที่ประสบพบเจอ รวมถึงการแสดงความคิดเห็น เป็นต้น โดยมีนักการศึกษาและผู้วิจัยได้เสนอกิจกรรมที่สามารถสร้างเสริมทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการเขียน ดังนี้

1) การเขียนตามคำบอก เพื่อเป็นการฝึกการเขียนให้ถูกต้องโดยเป็นทักษะการเขียนขั้นต้นของการพัฒนาทักษะการสื่อสารด้านการเขียน (กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 35)

2) การเขียนบันทึก จะเป็นการเขียนในหัวข้อที่สนใจโดยจะเขียนในรูปแบบจดหมาย การเขียนบันทึกชีวิตประจำวัน เป็นต้น (จรัสลักษณ์ จีรวินุลย์, 2546, น. 32-33)

3) การเขียนลำดับเหตุการณ์หรือฝึกการลำดับความคิดจากบทความหรือเรื่องที่มีความซับซ้อน รวมถึงการเขียนลำดับขั้นตอนจากการฝึกปฏิบัติมา (กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 35; จรัสลักษณ์ จีรวินุลย์, 2546, น. 32-33)

4) การเขียนสรุปจากบทความ เป็นการเขียนสรุปรายละเอียดสำคัญของบทความที่ได้อ่านเพื่อสามารถเขียนใจความสำคัญของบทความให้ได้ (ไพโรธ เลิศพิริยกุลม, 2543, น. 140)

5) การเขียนบทความจากคำศัพท์ที่กำหนดเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความหมายของคำศัพท์ต่างๆ และเขียนเป็นเรื่องราวออกมา ซึ่งนอกจากจะช่วยส่งเสริมทักษะด้านการเขียนแล้วยังช่วยให้นักเรียนมีจินตนาการอีกด้วย (ชนันต์ ชามทอง, 2550, น. 21)

จากการแบ่งประเภทของทักษะการสื่อสารข้างต้น ผู้วิจัยศึกษาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของนักเรียน ซึ่งกระทำหลังกิจกรรมแต่ละกิจกรรม

### 5.3 เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

การสื่อสารวิทยาศาสตร์จะต้องมีเกณฑ์ในการประเมิน จากการศึกษางานวิจัย (Kulgemeyer และ Schecker, 2013, น. 2235-2256; ธนกร อรรถจนาวัฒน์, 2017, น. 20-27) ได้ประเมินการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้วยเกณฑ์ ดังต่อไปนี้ “เกณฑ์แรก คือ เนื้อหาสาระทาง

วิทยาศาสตร์ที่ผู้ส่งสารเลือกใช้ในการสื่อสาร เกณฑ์ที่สอง คือ การเชื่อมโยงข้อเท็จจริงกับตัวอย่าง และแสดงออกมาให้เห็นชัดเจน เกณฑ์ที่สาม คือ ภาษาที่ผู้ส่งสารเลือกใช้ในการสื่อสารข้อมูล เช่น สื่อสารภาษาทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์สุดท้าย คือ รูปแบบของสิ่งแทนความต่างๆ ที่ผู้ส่งสารเลือกใช้เพื่อประกอบการสื่อสาร เช่น ใช้ภาพกราฟิกในการนำเสนอ เป็นต้น”

อรพินท์ ต้นเมืองใจ (2556, น. 146) ศึกษาและวิจัยความสามารถของการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเกณฑ์การสื่อสารวิทยาศาสตร์ทางด้านการนำเสนอด้วยวาจา ดังนี้

1. การพูดแสดงความคิดเห็น
2. ความตรงประเด็น
3. ท่าทาง น้ำเสียง จังหวะการพูด
4. เหมาะสมกับเรื่องที่พูด
5. อยู่ในเวลาที่กำหนด

ชนัตวี ชามทอง (2550, น. 111-112) ได้จัดกิจกรรมการสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารวิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการประเมินความสามารถการสื่อสารวิทยาศาสตร์ ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ประกอบด้วย มีการแนะนำตัว มีการเกริ่นนำ เนื้อหาสาระมีความ น่าสนใจและน่าติดตาม มีสื่อประกอบที่น่าสนใจ มีการใช้ภาษาได้เหมาะสมถูกต้อง มีการเรียบ เรียงลำดับความคิดเป็นไปตามความสำคัญ มีน้ำเสียงและจังหวะการพูดเหมาะสม มีบุคลิกภาพ เหมาะสม น่าติดตาม สามารถตอบคำถามหรือการแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้อง และตรงต่อเวลา

สามารถสรุปลักษณะร่วมขององค์ประกอบการประเมินทักษะการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ดังตาราง 2

ตาราง 2 ลักษณะร่วมขององค์ประกอบการประเมินความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

ลักษณะร่วม	นักการศึกษาและผู้วิจัย				
	Kulgemeyer และ Schecker (2013)	ธนกร อรรจนาววัฒน์ (2558)	อรพินท์ ตันเมืองใจ (2556)	ชนัตว์ ชามทอง (2550)	ผู้วิจัย (2562)
1. เนื้อหา	✓	✓	✓	✓	✓
2. บริบท	✓	✓	-	-	-
3. การเลือกใช้ภาษา	✓	✓	-	✓	✓
4. รูปแบบของสิ่ง แทนความ	✓	✓	-	✓	✓
5. การตอบคำถาม และแสดงความ คิดเห็น	-	-	✓	✓	✓
6. ความตรงประเด็น	-	-	✓	-	-
7. ลำดับ ความสำคัญ	-	✓	-	✓	-
8. นุคลิกของผู้พูด	-	-	-	✓	✓
9. ระยะเวลาในการ พูด	-	-	✓	✓	-

จากตาราง 2 ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความ และการนำเสนอ

#### 5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2556, น. 25-37) ได้พัฒนาและติดตามศักยภาพในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ โดยวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสำรวจทรรศนะเกี่ยวกับนักวิทยาศาสตร์ของนิสิตจบใหม่ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาศักยภาพนิสิตครูในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การสะท้อนความคิด 3) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์สู่ชุมชนของนิสิตครูที่สมัครใจเป็นกรณีศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) นิสิตจบใหม่ส่วนใหญ่มีทรรศนะที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีความพร้อมในด้านข้อจำกัดของ



การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการตอบคำถามได้ทุกคำถาม 2) นิสิตส่วนใหญ่เข้าใจการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น และพัฒนาทักษะการฟัง พูด อ่าน เขียน และเจตคติที่ดีต่อการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ และ 3) นิสิตได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมมากขึ้น ได้แก่ การใช้ภาษาให้เหมาะสม การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร และใช้ทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ในการเรียนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ศิริวัฒน์ เตชะแก้ว และคณะ (2560, น. 48-59) ได้พัฒนาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทาง วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาท ระบบโครงร่าง และการเคลื่อนไหว ผลการวิจัย พบว่า มีการแสดงออกถึงพฤติกรรมการสื่อสารวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถพูดและเขียนได้ตรงประเด็น ครอบคลุม ลำดับความสำคัญข้อมูลได้เหมาะสม ข้อมูลมีความถูกต้อง มีการให้เหตุผลประกอบ และใช้ภาษาที่ผู้รับสารสามารถเข้าใจได้ง่าย

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ข้างต้น จะเห็นได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลายรูปแบบ เช่น การใช้สมองเป็นฐาน การจัดกิจกรรมเสริมสร้างทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมแบบห้องเรียนกลับทาง การแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มสามารถส่งเสริมทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นด้านกาฟัง การพูด การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อประสิทธิผลที่ดี

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

- ระยะที่ 1 การเตรียมการ
- ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือ
- ระยะที่ 3 การดำเนินการทดลอง
- ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### ระยะที่ 1 การเตรียมการ

ในระยะการเตรียมการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารงานวิจัยแนวคิดทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของชุดกิจกรรมการสร้างอุปกรณ์การทดลองที่ดี ทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา และโมบายแอปพลิเคชัน
2. ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

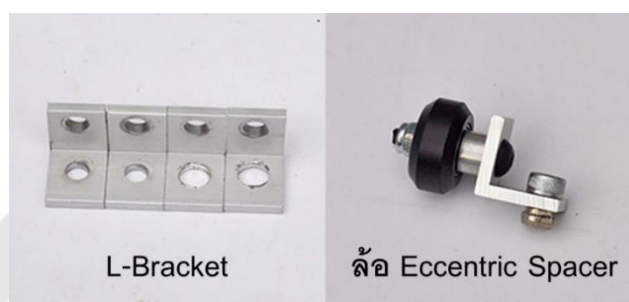
#### ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องมือ

ในระยะการสร้างเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน และแผนการจัดการเรียนรู้
  - 1.1 อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน
    - 1.1.1 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และขอบเขตของเนื้อหา
    - 1.1.2 ศึกษาเอกสารงานวิจัยการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างอุปกรณ์การทดลองที่ดี และโมบายแอปพลิเคชัน
    - 1.1.3 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จากคู่มือครูและหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน และกำหนดหัวเรื่องเพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมที่ทำแต่ละกิจกรรม
    - 1.1.4 ดำเนินการสร้างอุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน ดังนี้

1.1.4.1 อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย รถทดลอง รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ และสมาร์ทโฟน โดยมีขั้นตอนการประกอบ ดังนี้

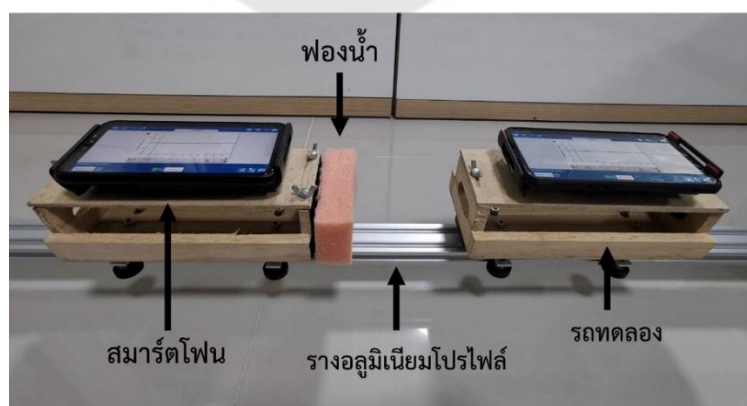
1) ขยายขนาดรู L-Bracket 4 ตัว สำหรับใส่ Eccentric Spacer โดยเจาะให้มีขนาด 8 มิลลิเมตร จากนั้นใส่ Eccentric Spacer และประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ชั้นล้อคล้อด้วยน็อตกันคลาย ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 L-Bracket และล้อ Eccentric Spacer

ที่มา: [www.dojogarden.com/index.php?id\\_product=354&controller=product](http://www.dojogarden.com/index.php?id_product=354&controller=product)

2) ประกอบฉากเข้ากับโปรไฟล์ที่เป็นตัวสไลด์ โดยให้ขาที่ใส่ Spacer แบบเดียวกันอยู่ฝั่งเดียวกัน ประกอบถาดไม้และตัวล้อคสมาร์ทโฟนเข้ากับตัวสไลด์ ตัดแถบกาวยืดติดและพองน้ำด้านหน้าตัวสไลด์ สวมรถทดลองเข้ารางสไลด์จากปลายด้านใดด้านหนึ่ง ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 รถทดลองบนรางสไลด์

1.1.5 นำอุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองใช้ ความเหมาะสมของอุปกรณ์ จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำ แก้ไขการเปลี่ยนรูปแบบของฟองน้ำ การปรับล้อให้ลื่นมากกว่านี้เพื่อลดแรงเสียดทาน

1.1.6 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ 2 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน โดยสร้างแบบประเมินซึ่งดัดแปลงจากประนอม หมอกกระโทก (2545, น. 152-153) ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า ได้แก่ ดีมาก (5) ดี (4) ปานกลาง (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1) ประเมินเพื่อหาคุณภาพของอุปกรณ์การทดลอง 3 ด้าน ดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพทั่วไป

- 1.1) มีความแข็งแรงทนทาน
- 1.2) มีรูปทรงและขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน

2) ลักษณะการใช้งาน

- 2.1) การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก
- 2.2) มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง
- 2.3) สามารถทดลองได้หลายการทดลอง
- 2.4) มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง
- 2.5) มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลอง

3) ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้

- 3.1) ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง
- 3.2) นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม
- 3.3) สามารถดึงดูดและสร้างความสนใจได้

หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน พบว่า มีค่าเฉลี่ยแต่ละด้านระหว่าง 4.33-5.00 โดยมีความเหมาะสมของอุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชนเฉลี่ย เท่ากับ 4.53

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้

1.2.1 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และขอบเขตของเนื้อหา

1.2.2 ศึกษาเอกสารงานวิจัยการสร้างชุดกิจกรรม องค์ประกอบของชุดกิจกรรม และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.3 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาจากคู่มือครูและหนังสือเรียนเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน และกำหนดหัวเรื่องเพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมที่ทำแต่ ละกิจกรรม

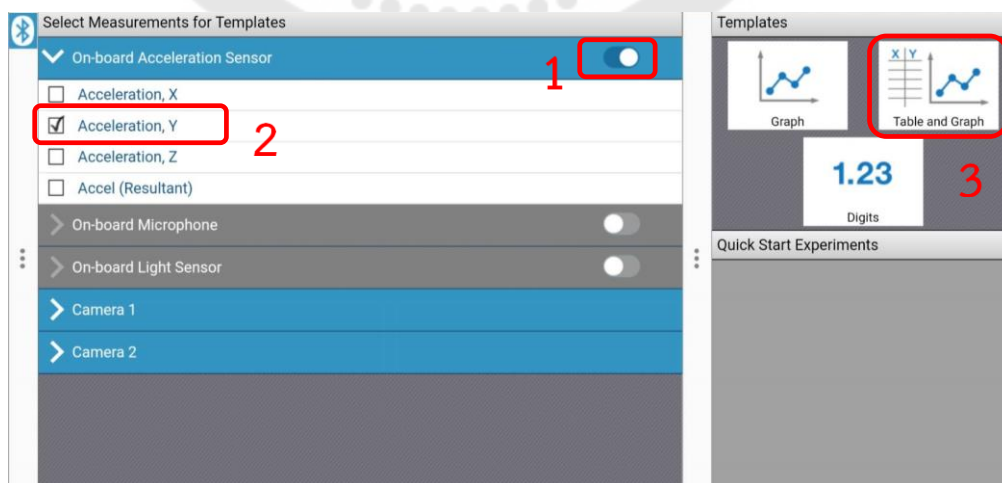
1.2.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม มาตรฐานและ สาระการเรียนรู้ คำชี้แจง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ เนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการจัด กิจกรรม และการประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 โมเมนตัม และกิจกรรม ที่ 2 การชนในหนึ่งมิติ ดังนี้

1.2.4.1 กิจกรรมที่ 1 โมเมนตัม อุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วย รถทดลอง 1 คัน รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 1.5 เมตร และสมาร์ทโฟน 1 เครื่องที่ติดตั้ง SPARKvue และ Bubble Level (Gamma Play Limited, 2017) เพื่อบันทึกความเร่งในแนวแกน y และเพื่อวัด องศาตามแนวแกน y ของราง ตามลำดับ มีขั้นตอนการทดลองและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 โมเมนตัม

1) ปรับระดับความสูงตามต้องการของรางด้านหนึ่งให้รางเป็นพื้น เอียง นำสมาร์ทโฟนที่ติดตั้ง Bubble Level เพื่อวัดองศาตามแนวแกน y ของราง บันทึกผล องศา จะเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับการวางสมาร์ทโฟน

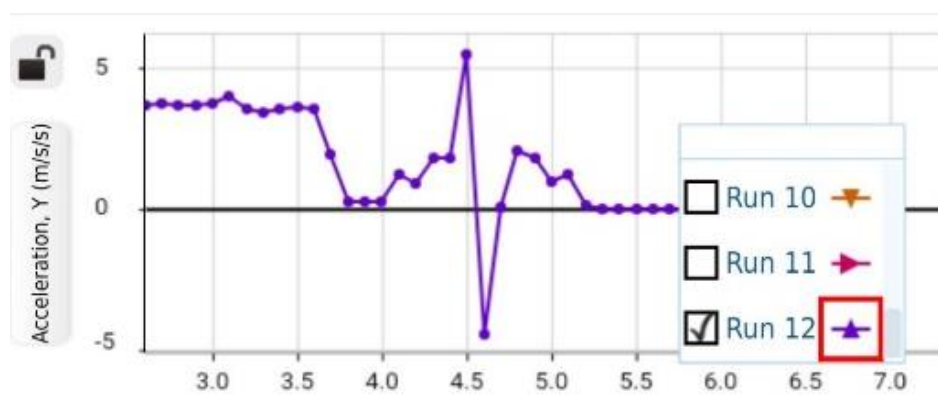
2) นำสมาร์ทโฟนวางบนรถทดลอง โดยหน้าจอแสดงผลโมบาย แอปพลิเคชัน SPARKvue เลือก Sensor Data จากนั้นเลือก On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y เลือกการแสดงผลแบบกราฟและข้อมูล ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 การตั้งค่า SPARKvue ในการทดลอง

- 3) ปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งเป็น 100 เฮิรต์
  - 4) วางรถทดลองบนรางซึ่งทำมุมกับพื้นราบ
  - 5) กดบันทึกข้อมูลความเร่งของสมาร์ทโฟน จากนั้นปล่อยรถทดลองให้เคลื่อนที่ลงมาตามพื้นเอียง
  - 6) นำข้อมูลจากสมาร์ทโฟนเข้าไปโปรแกรม Microsoft Excel
  - 7) เลือกข้อมูลเวลาและความเร่งในแนวแกน  $y$  ของรถเพื่อคำนวณความเร็วในแนวแกน  $y$  ตามสมการ (2-3)
  - 8) เลือกเวลาที่รถทดลองเคลื่อนที่ไปได้ 2 วินาที โดยนับวินาทีที่ 0 เมื่อความเร่งมีการเปลี่ยนแปลง (เริ่มปล่อย)
  - 9) คำนวณโมเมนต์จิกจากสมการ (2-4)
  - 10) ทำการทดลองซ้ำโดยการเพิ่มมวลให้กับรถทดลอง 500 กรัม
  - 11) เปรียบเทียบโมเมนต์จิก
- ตอนที่ 2 การชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น
- 1) วางรถทดลองทั้ง 2 คันบนรางในระนาบพื้นราบ โดยวางด้านที่มีแถบการยึดติดเข้าหากัน
  - 2) ผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่หนึ่งสังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคันหลังการชน
  - 3) ติดฟองน้ำด้านหน้ารถทดลอง 1 คัน
  - 4) ผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่หนึ่งสังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคันหลังการชน
- 1.2.4.2 กิจกรรมที่ 2 การชนในหนึ่งมิติ อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยรถทดลอง 2 คัน รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 1.5 เมตร และสมาร์ทโฟน 2 เครื่องที่ติดตั้ง SPARKvue เพื่อบันทึกความเร่งในแนวแกน  $y$  มีขั้นตอนการทดลองและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้
- ตอนที่ 1 การชนในหนึ่งมิติ
- 1) นำสมาร์ทโฟนวางบนรถทดลองที่มีฟองน้ำและไม่มีฟองน้ำอย่างละเครื่อง โดยหน้าจอแต่ละเครื่องแสดงผลโมบายแอปพลิเคชัน SPARKvue เลือก On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y จากนั้นเลือกการแสดงผลแบบกราฟและข้อมูล

2) กดบันทึกข้อมูลความเร่งของสมาร์ทโฟนทั้งสองเครื่อง จากนั้นผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง สังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคัน หลังการชน ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างกราฟจากการผลักรถทดลองให้เคลื่อนที่ชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง

3) นำข้อมูลจากสมาร์ทโฟนทั้งสองเครื่องที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

4) เลือกข้อมูลเวลาและความเร่งในแนวแกน y ของรถที่ชนและรถที่ถูกชนมาเพื่อคำนวณความเร็วในแนวแกน y ตามสมการ (2-3)

5) เลือกช่วงก่อนการชน ระหว่างชน และหลังการชน ของรถที่ชนและรถที่ถูกชน จากข้อมูลที่คำนวณได้ บันทึกผล

6) คำนวณและวิเคราะห์ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน ตามสมการ (2-24)

ตอนที่ 2 การดล

คำนวณและวิเคราะห์การดลของรถที่ชนและรถที่ถูกชนจากสมการ (2-14)

1.2.5 เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้ตรวจความถูกต้อง ความเหมาะสมต่างๆ จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำ แก้ไขการกำกับเวลาในแต่ละขั้นตอน แก้ไขคำผิด และการเขียนสาระสำคัญให้ถูกต้อง

1.2.6 เสนอผู้เชี่ยวชาญให้ประเมินความสอดคล้องด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ใบบทความรู้ ใบกิจกรรม ใบงาน การประเมินผล และการจัดสรรเวลา เพื่อ

วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีค่า 0.67-1.00 แก่ไขภาษาที่ใช้เขียนให้มีความชัดเจน เพื่อความเข้าใจไม่คลาดเคลื่อน แก่ไขภาพประกอบ และแก่ไขเนื้อหาให้ถูกต้อง

1.3 ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่หนึ่ง 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของชุดกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม ใช้การสังเกต พฤติกรรมและการสัมภาษณ์ และนำข้อมูลต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไขในส่วนของ การเขียนกิจกรรมให้ สามารถเข้าใจง่ายขึ้น กลุ่มที่สอง 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของชุดกิจกรรมที่ใช้และหา ข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม โดยการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ และนำข้อมูลต่างๆ มา ปรับปรุงแก้ไขในส่วนของความยากในการเขียนสูตรเพื่อคำนวณความเร็วใน Microsoft Excel แล้ว นำไปทดลองกับกลุ่มที่สาม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 23 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ คาดหวัง  $E_1/E_2$  เท่ากับ 70/70

## 2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบและ การเขียนข้อสอบ

2.2 ศึกษาตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากหลักสูตร และคู่มือครู

2.3 กำหนดจุดประสงค์ในเชิงพฤติกรรมสำหรับการสร้างแบบทดสอบ

2.4 สร้างแบบทดสอบ จำนวน 40 ข้อ ประกอบด้วย แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 30 ข้อ และแบบทดสอบอัตนัย 10 ข้อ โดยสร้างแบบทดสอบให้ตรงตามผลการเรียนรู้และ ครอบคลุมสาระการเรียนรู้

2.5 นำแบบทดสอบเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้ตรวจสอบความ ถูกต้องของภาษาที่ใช้ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้แก่ไขการใช้คำที่เป็นทางการ

2.6 นำแบบทดสอบเสนอกับผู้เชี่ยวชาญให้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบ กับความชัดเจนของคำถาม จุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรม เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนี ความสอดคล้อง พบว่า มีค่า 0.67-1.00 แก่ไขภาษาที่ใช้เขียนให้มีความชัดเจน แก่ไขข้อความที่ไม่ สอดคล้องกับระดับพฤติกรรม และแก่ไขคำผิดให้ถูกต้อง

2.7 ทดลองกับนักเรียนที่เรียนเนื้อหานี้มาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 94 คน

2.8 ตรวจแบบทดสอบเพื่อเลือกข้อสอบซึ่งมีค่าความยากง่าย 0.20-0.80 อำนาจ จำแนก 0.20 ขึ้นไป จะได้ว่า แบบปรนัย มีค่าความยากง่าย 0.43-0.74 อำนาจจำแนก 0.23-0.69



และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรคูเดอร์ วิซาร์สัน (KR20) เท่ากับ 0.668 แบบทดสอบแบบอัตนัย ความยากง่าย 0.30-0.60 อำนาจจำแนก 0.36-0.43 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค เท่ากับ 0.640 เมื่อวิเคราะห์คุณภาพเรียบร้อยแล้ว จะได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ จำนวน 25 ข้อ แบ่งเป็น ปรนัย จำนวน 20 ข้อ อัตนัย จำนวน 5 ข้อ ดังตาราง 3 และตาราง 4 ตามลำดับ นำไปใช้วัดผลการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 3 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับการสร้างแบบทดสอบปรนัย

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม				จำนวน ข้อ	ร้อยละ
	ความจำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์		
โมเมนตัม	1	1	-	2	4	20
การดลและแรงดล	1	2	2	1	6	30
การชนในหนึ่งมิติ	1	2	1	2	6	30
กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	1	-	2	1	4	20
รวม	4	5	5	6	20	100

ตาราง 4 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับการสร้างแบบทดสอบอัตนัย

ข้อที่	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	เนื้อหา			
		โมเมนตัม	การดลและแรงดล	การชนในหนึ่งมิติ	กฎอนุรักษ์โมเมนตัม
1	ความเข้าใจ	✓	✓	✓	✓
2	การวิเคราะห์	-	-	-	✓
3	การนำไปใช้	✓	-	✓	✓
4	การนำไปใช้	-	✓	✓	✓
5	การนำไปใช้	-	-	-	✓

### 3. การสร้างแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายการสร้างแบบประเมิน

3.2 ศึกษาเอกสารงานวิจัย

3.3 สร้างแบบประเมินที่ดัดแปลงจากธนกร อรรถนาวัฒน์ (2017, น. 125-127)

ซึ่งคือแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า ประกอบด้วย ดีมาก (5) ดี (4) พอใช้ (3) น้อย (2) และปรับปรุง (1) โดยมีองค์ประกอบและเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ดังตาราง 5

ตาราง 5 องค์ประกอบและเกณฑ์การประเมินแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

องค์ประกอบ	เกณฑ์การประเมิน
1. เนื้อหา	1) เนื้อหาสำคัญถูกต้อง 2) เนื้อหาสำคัญครบถ้วนทุกประเด็น 3) เชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้
2. ภาษา	มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจง่าย
3. สิ่งแทนความ	ใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบ การสื่อสารที่ช่วยให้ผู้ฟังเข้าใจง่ายขึ้น
4. การนำเสนอ	1) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้อง 2) บุคลิกภาพเหมาะสม

3.4 นำแบบประเมินเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องในด้านความชัดเจนของภาษา ความสอดคล้องกับองค์ประกอบ และความสอดคล้องกับคะแนนระดับความสามารถ เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง มีค่า 1.00

3.5 ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ 23 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้ร้อยละ 25 ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยการทดสอบค่า  $t$  เลือกข้อที่มีค่า  $t$  ตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป และหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค

ซึ่งแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจามีค่า  $t$  ตั้งแต่ 2.24-11.00 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.648

3.6 นำแบบประเมินไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยใช้ประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของนักเรียนหลังกิจกรรมแต่ละกิจกรรม

### ระยะที่ 3 การดำเนินการทดลอง

#### กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนวมินทราชูทิศมัธยม อำเภอมือง นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย 2 ห้องเรียน จำนวน 80 คน ดังนี้

กลุ่มทดลอง ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 39 คน

กลุ่มควบคุม ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชนแบบปกติ จำนวน 41 คน

#### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเนื้อหา ประกอบด้วย โมเมนตัม การดลและแรงดล การชนในหนึ่งมิติ และกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม

#### ระยะเวลาในการทำวิจัย

เวลาในการทดลอง 10 คาบ คาบละ 50 นาที

ตาราง 6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เนื้อหาเรื่อง	การจัดการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
โมเมนตัมและการชน	1. ทดสอบก่อนเรียน	1
	3. กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม	4
	4. กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ	4
	6. ทดสอบหลังเรียน	1
	รวม 10 คาบ	

### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยกึ่งทดลอง ที่มีกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อนและหลังทดลอง ดังตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อนการทดลอง	การทดลอง	สอบหลังการทดลอง
E	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>
C	T <sub>3</sub>		T <sub>4</sub>

สัญลักษณ์ในแบบแผนการทดลอง

E	คือ	กลุ่มทดลอง
C	คือ	กลุ่มควบคุม
T <sub>1</sub> , T <sub>3</sub>	คือ	การทดสอบก่อนเรียน
T <sub>2</sub> , T <sub>4</sub>	คือ	การทดสอบหลังเรียน
X	คือ	การจัดการเรียนรู้แบบใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

### ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เป็นรายบุคคล
2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมทั้งประเมินทักษะการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาหลังการจัดการเรียนรู้แต่ละกิจกรรม และนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
4. จากนั้นนำคะแนนมาทำการวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

#### ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

##### 1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าเฉลี่ย

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

##### 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่

2.1 t-test for dependent samples เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

2.2 t-test for independent samples เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยจะทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อน

2.2.1 ถ้าพบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนจะตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติแบบ ANCOVA (Analysis of Covariance)

2.2.2 ถ้าไม่พบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนจะตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ t-test for independent samples

2.3 one sample t-test เปรียบเทียบคะแนนทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (3.50)

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

ผู้วิจัยดำเนินการนำเสนอข้อมูลจากการวิเคราะห์ตามความมุ่งหมาย และได้ทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	คือ	จำนวนนักเรียน
df	คือ	องศาอิสระ
$\bar{X}$	คือ	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	คือ	การทดสอบสถิติ
*	คือ	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
p	คือ	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายข้อที่ 1 เพื่อสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้มีประสิทธิภาพ

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 70/70

จากสมมติฐานข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 70/70 โดย  $E_1$  คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมและใบงานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และ  $E_2$  คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนจากการประเมินครั้งสุดท้ายหลังจากเรียนทุกกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 23 คน เป็นเวลา 10 คาบ หลังการวิเคราะห์และแปลผล ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม ( $E_1/E_2$ ) เท่ากับ 75.51/70.29 ดังตาราง 8

ตาราง 8 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

การทดสอบ	n	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ค่าร้อยละ (E <sub>1</sub> )	ค่าร้อยละ (E <sub>2</sub> )
ระหว่างเรียน	23	28	21.14	1.43	75.51	-
หลังเรียน	23	30	21.09	1.90	-	70.29
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E <sub>1</sub> /E <sub>2</sub> )					75.51/70.29	

จากตาราง 8 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีประสิทธิภาพ E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub> เท่ากับ 75.51/70.29

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนเมื่อเรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ t-test for dependent samples ดังตาราง 9

ตาราง 9 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ก่อนเรียนและหลังเรียน  
ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

พฤติกรรมการเรียนรู้	n	df	ก่อน		หลัง		t	P
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
<b>แบบทดสอบประเภทปรนัย</b>								
ความจำ (4)	39	38	3.03	0.87	3.64	0.49	4.11*	0.00
ความเข้าใจ (5)	39	38	2.72	0.97	3.54	0.76	4.57*	0.00
นำไปใช้ (5)	39	38	2.62	0.94	3.51	0.88	5.23*	0.00
วิเคราะห์ (6)	39	38	2.49	0.88	4.08	0.87	8.37*	0.00
<b>แบบทดสอบประเภทอัตนัย</b>								
ความเข้าใจ (2)	39	38	0.54	0.53	1.81	0.35	13.44*	0.00
นำไปใช้ (6)	39	38	0.47	0.56	2.92	0.90	14.20*	0.00
วิเคราะห์ (2)	39	38	0.12	0.31	1.63	0.99	10.03*	0.00
<b>คะแนนรวม</b>	39	38	11.96	2.32	21.12	3.12	16.66*	0.00

\*p<.05

จากตาราง 9 คะแนนภาพรวมและรายด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความมุ่งหมายข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน กับการเรียนแบบปกติ

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบสถิติ t-test for independent samples พบว่า คะแนนก่อนเรียนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 10 ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนทั้งสองกลุ่มพร้อมทั้งวิเคราะห์ t-test for independent samples ดังตาราง 11



ตาราง 10 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

พฤติกรรม การเรียนรู้	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t	p
	n	$\bar{x}$	S.D.	n	$\bar{x}$	S.D.		
<b>แบบทดสอบประเภทปรนัย</b>								
ความจำ (4)	39	3.03	0.87	41	3.12	0.64	0.57	0.57
เข้าใจ (5)	39	2.72	0.97	41	2.56	0.74	0.81	0.42
นำไปใช้ (5)	39	2.62	0.94	41	3.00	0.67	2.11	0.04
วิเคราะห์ (6)	39	2.49	0.88	41	2.41	0.74	0.40	0.69
<b>แบบทดสอบประเภทอัตนัย</b>								
เข้าใจ (2)	39	0.54	0.53	41	0.46	0.45	0.72	0.47
นำไปใช้ (6)	39	0.47	0.56	41	0.38	0.44	0.74	0.46
วิเคราะห์ (2)	39	0.12	0.31	41	0.07	0.16	0.88	0.38
<b>คะแนนรวม</b>	39	11.96	2.32	41	12.00	1.84	0.82	0.94

\*p<.05

จากตาราง 10 คะแนนก่อนเรียนระหว่างนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

พฤติกรรม การเรียนรู้	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t	p
	n	$\bar{x}$	S.D.	n	$\bar{x}$	S.D.		
<b>แบบทดสอบประเภทปรนัย</b>								
ความจำ (4)	39	3.64	0.49	41	3.24	0.83	2.63*	0.00
เข้าใจ (5)	39	4.08	0.87	41	3.20	0.81	4.69*	0.00
นำไปใช้ (5)	39	3.51	0.88	41	3.12	0.56	2.35*	0.00
วิเคราะห์ (6)	39	3.54	0.76	41	2.85	0.69	4.23*	0.00
<b>แบบทดสอบประเภทอัตนัย</b>								
เข้าใจ (2)	39	1.81	0.35	41	1.12	0.60	6.30*	0.00
นำไปใช้ (6)	39	2.92	0.90	41	1.29	0.86	8.28*	0.00
วิเคราะห์ (2)	39	1.63	0.99	41	0.63	0.58	5.47*	0.00
<b>คะแนนรวม</b>	39	21.12	3.12	41	15.50	3.15	8.02*	0.00

\*p<.05

จากตาราง 11 คะแนนภาพรวมและรายด้านหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความมุ่งหมายข้อที่ 4 เพื่อศึกษาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาสูงกว่าเกณฑ์ (3.50)

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาซึ่งดัดแปลงจากธนกร อรรถนาววัฒน์ (2017, น. 125-127) พร้อมทั้งวิเคราะห์ one sample t-test ดังตาราง 12

ตาราง 12 คะแนนทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาเทียบกับเกณฑ์ (3.50) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

องค์ประกอบทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา	n	กิจกรรมที่ 1				กิจกรรมที่ 2			
		$\bar{X}$	S.D.	t	p	$\bar{X}$	S.D.	t	p
<b>1. เนื้อหา</b>									
ความถูกต้องของเนื้อหา	39	3.67	0.48	2.18	0.06	4.18	0.68	6.21*	0.00
เนื้อหาครบถ้วนทุกประเด็น	39	3.67	0.48	2.18	0.06	4.67	0.48	15.26*	0.00
ความเชื่อมโยงของเนื้อหา	39	3.20	0.70	2.65	0.07	4.13	0.70	5.64*	0.00
<b>2. ภาษา</b>									
การขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความเข้าใจ	39	3.23	0.90	1.86	0.07	3.85	0.71	3.05*	0.00
<b>3. สิ่งแทนความ</b>									
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจ	39	3.85	0.71	3.05	0.06	4.05	0.83	4.17*	0.00
<b>4. การนำเสนอ</b>									
ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	39	3.49	0.51	0.16	0.88	4.33	0.48	10.90*	0.00
บุคลิกภาพ	39	3.51	0.51	0.16	0.88	4.67	0.48	15.25*	0.00
<b>คะแนนรวม</b>	39	24.62	1.98	66.54*	0.00	29.87	1.06	155.99*	0.00

\*p<.05

จากตาราง 12 กิจกรรมที่ 1 มีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วย วาจารายด้าน คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความ และการนำเสนอ สูงกว่าเกณฑ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ในขณะที่ภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กิจกรรมที่ 2 มีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาภาพรวมและรายด้าน คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความ และการนำเสนอ สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

การสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 75.51/70.29 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 70/70
2. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในภาพรวมและรายด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในภาพรวมและรายด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. กลุ่มทดลองมีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาสูงกว่าเกณฑ์ (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#### อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 75.51/70.29 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่คาดหวังเท่ากับ 70/70 ที่กำหนดไว้ โดยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างเป็นระบบ โดยมีการศึกษาข้อมูล ออกแบบกิจกรรม รวมถึงยังผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับภาษาให้มีความชัดเจนเพื่อความเข้าใจไม่คลาดเคลื่อน แก้ไขภาพประกอบ และแก้ไขเนื้อหาให้มีความถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขก่อนทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่หนึ่ง 3 คนเพื่อดูความเหมาะสมของชุดกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม โดยการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ และนำข้อมูลต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไขในส่วนของการเขียนกิจกรรมให้สามารถเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น กลุ่มที่สอง 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของชุดกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม โดยการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ และนำข้อมูลต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไขในส่วนของการเขียนสูตรเพื่อคำนวณความเร็วใน Microsoft Excel

แล้วนำไปทดลองใช้ในขั้นตอนต่อไป กลุ่มที่สาม 23 คน เพื่อดูความเหมาะสมของชุดกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม สอดคล้องกับขงเนษฏ์ วิชาศิลป์ และคณะ (2560, น. 2497-2505) ที่ได้พัฒนาชุดการทดลอง เรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นำแผนและแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้ชุดการทดลองตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 94.70/75.00 เช่นเดียวกับงานวิจัยของถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร (2561, น. 62-68) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นำชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน พร้อมทั้งปรับปรุง ผลการทดสอบประสิทธิภาพเท่ากับ 74.79/70.47 เมื่อพิจารณาค่า  $E_1$  กับค่า  $E_2$  พบว่า ค่า  $E_1$  มากกว่าค่า  $E_2$  มากกว่าร้อยละ 5 ทั้งนี้เนื่องจากใบกิจกรรมมีคะแนนที่สูงซึ่งผู้วิจัยให้นักเรียนทำร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนมีการปรึกษาหารือกันในช่วงทำกิจกรรม รวมถึงโจทย์เสริมประสบการณ์อาจมีความง่ายเกินไป ในขณะที่ข้อสอบอาจยากเกินไป ส่งผลให้ค่าทั้งสองค่าแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 5 ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของชัชยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 7-20) ที่กล่าวว่า “ค่า  $E_1$  มากกว่า  $E_2$  แสดงว่า งานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่าการสอบ จำเป็นต้องปรับแก้” นอกจากนี้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และกาซน มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และกาซน (อุปกรณ์การทดลองโมเมนต์และกาซน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ซึ่งมีระดับความเหมาะสม ดีมาก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ได้แก่ มีความแข็งแรงทนทาน มีรูปทรงและขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน ด้านลักษณะการใช้งาน ได้แก่ การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง สามารถทดลองได้หลายการทดลอง มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง และมีความปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลอง ด้านความเหมาะสมในการใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม และสามารถตั้งคำถามและทำความเข้าใจได้ เป็นไปตามแนวคิดของบุญเกื้อ ควรหาเวช (2542, น. 7-8) ที่กล่าวว่า “การเรียนรู้ที่ใช้ชุดกิจกรรมเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ศึกษาหาความรู้ ครูให้ความช่วยเหลือสนับสนุนตลอดการเรียนรู้ ดังนั้นชุดกิจกรรมจึงสามารถสร้างความสนใจต่อนักเรียนมากกว่าการเรียนบรรยาย และสามารถช่วยครูถ่ายทอดเนื้อหาและความรู้ที่มีความซับซ้อนให้แก่นักเรียนได้ เข้าใจมากยิ่งขึ้นอีกด้วย” ซึ่งผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้สร้างชุด

กิจกรรม (อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน) ศึกษาข้อดีและข้อเสียของวัสดุอุปกรณ์แต่ละประเภท ปรับปรุงและแก้ไขอุปกรณ์เสริมของชุดกิจกรรม (อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน) ต่างๆ เพื่อให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เช่น การออกแบบอุปกรณ์ในการยึดสมาร์ตโฟน การติดตั้งขาตั้งสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง เป็นต้น อีกทั้งค่าดัชนีความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน (แผนการจัดการเรียนรู้) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 สอดคล้องกับเวดี มานูย์ (2556, น. 44-46) ที่ทำการพัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยในการสร้างได้ออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ และวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อสร้างชุดเครื่องจับเวลาที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองกลศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว และปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาในการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไขต่างๆ เช่น ขายึดโฟโตเกตที่ทำขึ้นมาไม่ค่อยแข็งแรง ชุดเครื่องจับเวลาต้องใช้ความระมัดระวังและความชำนาญในการบัดกรี เป็นต้น จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 75.51/70.29 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่คาดหวังเท่ากับ 70/70

2. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในภาพรวมและรายด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ส่งเสริมการลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง มีการแก้ปัญหาในระหว่างกิจกรรมภายในกลุ่ม เป็นไปตามแนวคิดของชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531 อ้างถึงใน เวดี มานูย์, 2556, น. 20) ที่กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมมีคุณค่าอย่างยิ่งในการจัดการเรียนรู้ โดยจะช่วยให้เรียนรู้ได้มากขึ้น มีประสบการณ์กว้างขวางโดยใช้เวลาน้อยลง ช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดและแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น รวมถึงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากประสบการณ์ที่มีความหมายรูปแบบต่างๆ” สอดคล้องกับคณากรณ์ วัศมีมารีย์ (2559, น. 125-135) ที่พัฒนาชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน ที่เน้นให้นักเรียนเรียนด้วยชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ผูกการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ผูกวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะประกอบด้วย กิจกรรมย่อยที่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน รวมถึงนักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง สามารถเชื่อมโยงในแต่ละหัวข้อ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ

ในสาระการเรียนรู้ที่สอดแทรกในกิจกรรม เป็นไปตามแนวคิดของกิดานันท์ มลิทอง (2540, น. 88) กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมตัวช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยส่งเสริมความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ย่างกายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น” นอกจากนี้ชุดกิจกรรมยังมีคำถามท้ายกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่ถูกต้องของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของบุญเกื้อ ควรหาเวช (2542, น. 7-8) ที่กล่าวว่า “การทำแบบฝึกหัด แบบฝึกหัดการเรียนรู้และแบบฝึกทักษะการคิดท้ายชุดกิจกรรม ทำให้นักเรียนรู้จักคิดเป็นแก้ปัญหาเป็น” รวมถึงมีโจทย์เสริมประสบการณ์ที่รวบรวมสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง โมเมนตัมและการชน มีความซับซ้อนจากง่ายไปยาก เพื่อให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ในการทำโจทย์เสริมประสบการณ์ ซึ่งส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนมากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับแนวคิดของ Hidayati และ Ramli (2018, น. 6) ที่กล่าวว่า “นอกจากกิจกรรมที่สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาสาระการเรียนรู้บทเรียนนั้นๆ แล้วแบบฝึกหัดยังช่วยให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ การแทนค่าสูตร ซึ่งอาศัยบริบทต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มากขึ้น” สอดคล้องกับสราญจิต อ้นพา และ ชนสิทธิ์ สิทธิสูงเนิน (2562, น. 213-228) ที่กล่าวว่า “แบบฝึกทักษะที่ดีต้องตรงต่อความต้องการเป็นหลัก โดยควรมีรูปภาพ เนื้อหาไม่มากเกินไป เรียงลำดับจากง่ายไปยาก ส่งผลให้เข้าใจบทเรียนดียิ่งขึ้น สามารถจดจำเนื้อหาบทเรียนได้คงทน อีกทั้งยังสามารถนำแบบฝึกทักษะมาทบทวนเนื้อหาเดิมด้วยตนเองก่อนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้น” เช่นเดียวกับวิรัตน์ ชันเขต และคณะ (2562, น. 286-300) ที่กล่าวว่า “การแก้โจทย์ปัญหาส่งผลให้เกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้น และส่งผลให้เกิดความเข้าใจในสาระการเรียนรู้ได้” จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในภาพรวมและรายด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน นำสมาร์ตโฟนเข้ามาเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลการทดลองในแต่ละกิจกรรม โดยใช้สมาร์ตโฟนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ผู้วิจัยได้แนะนำการใช้โมบายแอปพลิเคชันและสังเกตพฤติกรรมในระหว่างทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนให้ความสนใจกับการใช้สมาร์ตโฟนอย่างมาก กระตือรือร้นในการเรียนรู้ นักเรียนมีความตื่นตัวในระหว่างทำกิจกรรมการทดลอง รวมถึงนักเรียนยังมีคำถามเกี่ยวกับการใช้สมาร์ตโฟนในระหว่างทำกิจกรรม ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลของสมาร์ตโฟนในระหว่างทำกิจกรรม การนำข้อมูลจากสมาร์ตโฟนเข้าคอมพิวเตอร์



เป็นต้น เป็นไปตามแนวคิดของไซ สาลีตัน (2534 อ้างถึงใน เหวตี มาบุญ, 2556, น. 21) ที่กล่าวว่า “เครื่องมือที่ดีต้องมีลักษณะที่จูงใจ ถ้ารูปร่างจูงใจจะมีผลต่อการเรียนการสอนมาก เพราะเมื่อครูนำเครื่องมือเข้าไปในห้องเรียน นักเรียนมองเห็นจะเริ่มสนใจอยากรู้ว่าเครื่องมือนั้นจะใช้ทำอะไร มีผลอย่างไร ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น ผลการเรียนการสอนจะได้ผลเต็มที่”

เมื่อเปรียบเทียบจากการสังเกตพฤติกรรมทั้งสองกลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองให้ความสนใจในกิจกรรม การทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมในการถามคำถามผู้วิจัย รวมถึงการพูดคุยปรึกษาหารือกัน ในระหว่างกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาที่สอดแทรกเข้ามาในกิจกรรมการทดลองได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับบุชจิรา แดงวันดี และคณะ (2561, น. 61-73) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับโมบายแอปพลิเคชันตารางธาตุเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ เมื่อสัมผัสสัญลักษณ์ธาตุต่างๆ จะปรากฏรูปภาพแสดงถึงการนำธาตุไปใช้ประโยชน์ วิดีทัศน์แสดงแนวโน้มสมบัติของธาตุ เช่น ขนาดอะตอม มวลอะตอม รัศมีอะตอม เป็นต้น ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มแข่งขันและแบบต่อบทเรียน จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้นและมีความพึงพอใจในระดับดีมากที่สุด งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นล้วนนำสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งโมบายแอปพลิเคชัน มาเป็นตัวช่วยในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้น เป็นไปตามแนวคิดของสายสมร เฉลยกิตติ และคณะ (2562, น. 5-15) ที่กล่าวว่า “สมาร์ตโฟนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ สามารถช่วยพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้เป็นอย่างดี” นอกจากนี้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน สามารถอธิบายปรากฏการณ์ก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชนให้ เห็นภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในระหว่างทำกิจกรรมการทดลอง เห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น เป็นไปตามแนวคิดของบุญเกื้อ ควรหาเวช (2542, น. 7-8) ที่กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมที่ดีสามารถช่วยให้ครูถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน มีลักษณะเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งครูไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้” ในขณะที่การทดลองในหนังสือรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 เป็นการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เพื่อศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน ทำการทดลองโดยให้วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน เครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยติดแถบกระดาษไว้กับรถทดลอง เครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะทำ เครื่องหมายบนแถบกระดาษเมื่อรถทดลองมีการเคลื่อนที่ จากนั้นคำนวณขนาดของความเร็วและ คำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน ในบางครั้งการทำงานของเครื่องเคาะ สัญญาณในชุดทดลองเกิดการเคาะซ้ำ หรือเคาะข้ามในแต่ละจุด มีผลทำให้การกระจัดและเวลาที่ วัดได้โดยเครื่องเคาะสัญญาณอาจมีความคลาดเคลื่อน (สมพร บัวประทุม, 2019, น. 288-299) โดยการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดลองถูกใช้เป็นการทดลองในรูปแบบเรียนในปัจจุบันใน

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นทดลองและคำนวณความเร็วก่อนการชนและหลังการชนเท่านั้น แต่สิ่งที่ยังขาดอยู่ คือ ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์และปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดในระหว่างการชนได้ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็วในระหว่างการชน แรงดล การดล เป็นต้น ดังนั้นการนำสมาร์ทโฟนเข้ามาเป็นตัวช่วยในการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติจึงเป็นตัวเลือกที่ดี เนื่องจากสมาร์ทโฟนมีเซนเซอร์วัดความเร็วรวมถึงมีการใช้โมบายแอปพลิเคชันมาช่วยในการบันทึกข้อมูล ดังเช่นงานวิจัยของ Jesus และ Sasaki (2016, น. 1-7) ที่ใช้สมาร์ทโฟนเพียงสองเครื่องในการทดลอง จากงานวิจัยนี้สามารถคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน เป็นไปตามแนวคิดของ Mazzella และ Testa (2016, น. 7) ที่กล่าวว่า “การเรียนที่ใช้สมาร์ทโฟนนอกจากจะสร้างความสนใจให้แก่ นักเรียนแล้ว สมาร์ทโฟนยังถูกใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและเป็นอุปกรณ์การทดลองด้วย ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจเครื่องมือ นั่นคือ สมาร์ทโฟน ว่าทำงานอย่างไร และสามารถวัดปริมาณทางฟิสิกส์อย่างไร อธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ได้” จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. กลุ่มทดลองมีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของกิจกรรมที่ 1 ในภาพรวม และกิจกรรมที่ 2 ในภาพรวมและรายด้าน คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความ และการนำเสนออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีรูปแบบกิจกรรมการทดลองเป็นกลุ่ม ในระหว่างทำกิจกรรม ผู้วิจัยจะให้อิสระกับนักเรียนแต่ละกลุ่มในการทำ การทดลอง แลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ ความเข้าใจ เป็นไปตามแนวคิดของบุญแก้ว คชรหาเวช (2542, น. 7-8) ที่กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมที่ดีจะช่วยส่งเสริมการแสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ การแสวงหาความรู้ และทำให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น รับฟังความคิดเห็นของกันและกัน เป็นการฝึกความเป็นประชาธิปไตย” และเป็นไปตามแนวคิดของชนัตว์ ชามทอง (2550, น. 27) ที่กล่าวว่า “การจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดการสื่อสารในรูปแบบของการอธิบายแนวคิดและการอภิปรายภายในกลุ่ม” โดยผู้วิจัยจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมการทดลองเท่านั้น รวมถึงสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองระหว่างผู้วิจัยและนักเรียน เพื่อให้นักเรียนไม่ตึงเครียดจนเกินไป และสามารถดึงศักยภาพของตนเองออกมาให้ได้มากที่สุด เป็นไปตามแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (2534: 87 อ้างถึงในประนอม หมอกกระโทก, 2545, น. 29-30) ที่กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมจะทำให้เกิดบรรยากาศความเป็นกันเองระหว่างครูกับนักเรียน ทำให้นักเรียนมีเวลาสังเกตพฤติกรรมและใกล้ชิดกับนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ เพราะครูไม่จำเป็นต้องสอนด้วยการพูดตลอดเวลา ครูจึงไม่

เหน็ดเหนื่อย แต่กลับรู้สึกสนุกไปกับการเรียนการสอน ครูจึงมีความยิ้มแย้ม ซึ่งช่วยสร้างบรรยากาศของความอบอุ่นใจมากยิ่งขึ้น” จากการสังเกตพฤติกรรมในระหว่างทำกิจกรรม ยังมีบางคนในกลุ่มไม่เข้าใจหรือตามเพื่อนในกลุ่มไม่ทัน ผู้วิจัยก็จะเข้าไปช่วยแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของแต่ละกิจกรรมได้ โดยการถามเพื่อกระตุ้นให้คิดพร้อมทั้งอธิบายสิ่งที่นักเรียนคิดออกมา สอดคล้องกับชนันต์ ขามทอง (2550, น. 27) ที่กล่าวว่า “ครูควรใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดหลากหลาย และใช้การชี้แนะทางตรงและทางอ้อม เพื่อช่วยให้เข้าใจ และเห็นเป้าหมายที่ชัดเจนยิ่งขึ้นไปสู่การแก้ปัญหาต่อไป” นอกจากนี้ยังมีบางกลุ่มที่เพื่อนในกลุ่มที่เข้าใจสามารถอธิบายประเด็นนั้นๆ ให้ทุกคนในกลุ่มเข้าใจได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริโรจน์ เตชะแก้ว และคณะ (2560, น. 48-59) ที่พัฒนาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ระบบโครงร่าง และการเคลื่อนไหว โดยเน้นการร่วมมือทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม มีการอภิปราย แสดงความคิดเห็น และการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน พบว่า มีการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ขณะทำกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่มตลอดการทำกิจกรรม และการนำเสนอผลงานแต่ละกลุ่มถูกต้อง ตรงประเด็น ครอบคลุม ใช้ภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการสื่อสารวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่มน้อยกว่า การนำเสนอยังขาดในบางประเด็นสาระสำคัญของการนำเสนอยังไม่ถูกต้องทั้งหมด ผวนกับชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชน นำสมาร์ตโฟนเข้ามาใช้ร่วมในกิจกรรม ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการทดลอง ช่างสงสัย ช่างถาม เนื่องจากตื่นเต้นกับการใช้สมาร์ตโฟนเข้ามาใช้ในการทดลอง ทำให้นักเรียนสนุกไปกับการกิจกรรมการทดลองมากยิ่งขึ้น เป็นไปตามแนวคิดของบุญเกื้อ ครอบเวช (2542, น. 7-8) ที่กล่าวว่า “ชุดกิจกรรมที่ดีจะสามารถกระตุ้นและเ้าความสนใจของนักเรียนได้ เพราะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้น” เช่นเดียวกับ Streepey (2013, น. 54-55) ที่กล่าวว่า “สมาร์ตโฟนเหมาะสำหรับการเรียน จะช่วยสร้างความสนใจ ช่วยส่งเสริมการร่วมมือและมีมีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้น” ซึ่งส่งผลให้นักเรียนใฝ่รู้ เข้าใจ และสื่อสารออกมาผ่านการนำเสนอได้ดี นอกจากนี้ผู้วิจัยยังให้นักเรียนได้นำเสนอหลังเสร็จสิ้นแต่ละกิจกรรม มีการถามตอบระหว่างเพื่อนและครู เพื่อช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามแนวคิดของ Thurber (1976, น. 514-534) ที่กล่าวว่า “การสรุปรายงานในห้องเรียนที่ให้นักเรียนออกมาพูดหน้าชั้นเรียนและมีคำถามคำตอบจากเพื่อนในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมการสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดี” สอดคล้องกับงานวิจัยของพจนา พลชัย และ ศศิธร มั่นเจริญ (2017, น. 213-228) ทำการทดลองหาค่าคงที่สมดุลของโบรโมไทมอลโดยใช้สมาร์ตโฟนโดยการวิเคราะห์ค่าสีในระบบสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินของภาพถ่ายด้วยกล้องจากสมาร์ตโฟน

นอกจากจะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำแล้ว ยังใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ที่มีอยู่แล้ว หาได้ง่าย และมีวิธีการทดลองที่ไม่ยุ่งยาก สนุกสนาน ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีศักยภาพที่จะนำไปเป็นการทดลองในห้องเรียนได้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เช่นเดียวกับงานวิจัยของสมพร บัวประทุม (2019, น. 288-299) ที่พัฒนาชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่าย ตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเอง และสมาร์ทโฟน เพื่อวัดระยะเวลาตกของวัตถุจากความสูงต่างๆ โดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแสดงค่าที่ได้ผ่านสมาร์ทโฟน จากการทดสอบพบว่า มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานมาก นอกจากนี้ชุดทดลองนี้ยังใช้ต้นทุนในการพัฒนาน้อย มีขนาดกะทัดรัดและใช้งานง่าย นักเรียนมีความสนใจและพึงพอใจในการใช้งานชุดทดลอง ในขณะที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาของกิจกรรมที่ 1 รายด้าน คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความ และการนำเสนอ สูงกว่าเกณฑ์ (3.50) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากนักเรียนพึงจะได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม ส่งผลให้ยังไม่เข้าใจในเนื้อหาสาระมากเท่าที่ควร ทำให้นักเรียนสื่อสารออกมายังไม่มี ความถูกต้องครบถ้วน ทุกประเด็น ไม่สามารถเชื่อมโยงในแต่ละหัวข้อต่างๆ รวมถึงยังไม่คุ้นชินกับการออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ส่งผลให้บุคลิกภาพขณะนำเสนอไม่ค่อยดี ในขณะที่หลังจากจัดกิจกรรมเรียนรู้ กิจกรรมที่ 2 นักเรียนมีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจาดีขึ้นทุกด้าน และจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น กลุ่มทดลองมีทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ในภาพรวมและรายด้าน คือ เนื้อหา ภาษา สิ่งแทนความและการนำเสนอสูงกว่าเกณฑ์ (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะในการนำวิจัยไปใช้

1.1 การนำชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปใช้ ก่อนนำไปใช้ต้องศึกษารายละเอียดของชุดกิจกรรมอย่างละเอียดเพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนรู้

1.2 ครูต้องเตรียมความพร้อมด้านการแนะนำการใช้โมบายแอปพลิเคชันและการวิเคราะห์ผล เนื่องจากขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลมีความซับซ้อน ครูต้องแนะนำในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดรวมถึงตอบคำถามข้อสงสัยของนักเรียน

1.3 ครูต้องเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์การทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งราง  
อลูมิเนียมกับตัวรถทดลองที่ต้องมีความสั่นไหวในระหว่างทำการทดลอง

1.4 ในระหว่างทำการทดลองควรตั้งค่าความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งไม่เกิน  
100 เฮิร์ต เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสม หากตั้งค่าความถี่มากกว่า 100 เฮิร์ต จะส่งผลให้ผลการ  
ทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ เนื่องจากความเร่งที่บันทึกได้จะไม่ใช้ความเร่งที่ได้จากการ  
ทดลองเพียงอย่างเดียว

## 2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ปรับแก้ไขโจทย์เสริมประสบการณ์ให้มีความยากยิ่งขึ้น และแก้ไขแบบทดสอบให้  
มีความง่ายมากขึ้น พร้อมทั้งนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างอีกครั้งเพื่อหา  
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมให้มีความ  $E_1$  และค่า  $E_2$  แตกต่างกันไปไม่เกินร้อยละ 5

2.2 ควรศึกษาประสิทธิผลการใช้ชุดกิจกรรม โดยการศึกษาตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการเขียน เป็นต้น

2.3 ควรเพิ่มการทดลองในกิจกรรมให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ เรื่อง โมเมนตัมและการ  
ชน นั่นคือ รวมไปถึงการชนของวัตถุในสองมิติ และการระเบิด

## บรรณานุกรม

- Gamma Play Limited. (2017). Bubble Level. In. Hong Kong.
- Hidayati, H. และ Ramli, R. (2018). *The Implementation of Physics Problem Solving Strategy Combined with Concept Map in General Physics Course*. ใน IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Indonesia.
- Jesus, V. L. B. d. และ Sasaki, D. G. G. (2016). Modelling of a collision between two smartphones. *Physics Education*, 51(5), 6.
- Kulgemeyer, C. และ Schecker, H. (2013). Students Explaining Science Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education*, 43(6), 2235.
- Lindberg Christensen, L. (2007). *The hands-on guide for science communicators : a step-by-step approach to public outreach*. New York: Springer.
- Mazzella, A. และ Testa, I. (2016). An Investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration. *Physics Education*, 51, 9.
- Parinya Saphet, Anusorn Tong-on และ Meechai Thepnurat. (2017). *One dimensional two-body collisions experiment based on LabVIEW interface with Arduino*. ใน Siam Physics Congress 2017 Thailand.
- PASCO SCIENTIFIC. (2019). SPARKvue® Software. In. California USA.
- Serway, R. A. (2013). *Principles of physics : a calculus-based text* (พิมพ์ครั้งที่ 5). Australia: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Streepey, J. W. (2013). Using iPads to illustrate the impulse-momentum relationship. *The Physics Teacher*, 51(1), 54-55. doi:10.1119/1.4772044
- Thurber, W. A. (1976). *Teaching Science in Today's Secondary Schools*. Boston: Allyn and Bacon.
- Vogt, P. และ Kuhn, J. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 52(2), 118-119. doi:10.1119/1.4862122

- กรมวิชาการ. (2545). *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- กรมวิชาการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *การสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาศักยภาพของเด็กไทยด้านทักษะการสื่อสาร*. กรุงเทพฯ: การศาสนา.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกริก ท่วมกลาง. (2555). การพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อเลื่อนวิทยฐานะ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สภาพรินซ์.
- คณาภรณ์ วัศมีมารีย์. (2559). การพัฒนาชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 8(16), 125-135.
- จรัสลักษณ์ จิรวินุลย์. (2546). *คู่มือครูและผู้ปกครองสำหรับเด็กที่มีปัญหาทางการเรียนรู้-การอ่าน*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- ชนันต์ ชามทอง. (2550). *การจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ชเนษฎ์ วิชาศิลป์, สุธาพร ต้นรัก และ สมจิตร อินสองใจ. (2560). *การพัฒนาชุดการทดลองเรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ใน การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก*.
- ชวน เพชรแก้ว. (2542). *เอกสารการสอนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและสืบค้น*. ลพบุรี: สถาบันราชภัฏเทพสตรีลพบุรี.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 7-20.
- เซอร์เวย์ เรย์มอนด์ เอ. (2558). *Physics for scientists and engineers* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: เซนเกจ เลินนิง อินโด-ไชน่า.

- เตือนใจ เกตุษา. (2549). การสร้างแบบทดสอบ 1 : แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Test construction 1 : MR311) (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ภาควิชาการประเมินและการวิจัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทิตนา เขมมณี. (2543). 14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนกร อรรถนาววัฒน์. (2017). การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบแสวงหาคำรู้เป็นกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ธวัชชัย นาคช่วย, ประสงค์ เกษราธิคุณ และ สุวทิพย์ คงภักดี. (2561). การพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ตโฟน และท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 21(3), 183-190.
- นภาพร หงษ์ทอง และ เสกสรรค์ ทองคำบรรจง. (2019). การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของพฤติกรรมติดสมาร์ตโฟนและผลกระทบต่อของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เขต 6. วารสารวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต, 15(3), 16.
- นิคม ดิษฐคลี และ พรจิต ประทุมสุวรรณ. (2561). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 เรื่อง บูรณาการงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคมที่ยั่งยืน, ขอนแก่น.
- นุชจิรา แดงวันดี, ปริญวรรณ สุนทรักษ์, สนิธิ พลชัยยา และ กานต์ตะวัน วุฒิเสลา. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1(1), 61-73.
- บุญเกื้อ คอรวาเวช. (2542). นวัตกรรมการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญเกื้อ คอรวาเวช. (2545). นวัตกรรมการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.



- เบญจมาศ อยู่เป็นแก้ว. (2548). *การฟัง การดู และการพูด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาการเรียนรู้.
- ประนอม หมอกกระโทก. (2545). *การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ประภาพรพรณ เล็งวงศ์. (2551). *การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- ปิยนันท์ ปานน้อม, กิตติภูมิ อึ้งเจริญทรัพย์ และ นิรัตน์ชดากร ภิรมย์นง. (2016). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้แบบเคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Science and Technology RMUTT Journal*, 6(2), 73-83.
- พจนา พลชัย และ ศศิธร มั่นเจริญ. (2017). การทดลองหาค่าคงที่สมดุลของโบรไมโทมอลบลูโดยใช้สมาร์ทโฟน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, 33(2), 213-228.
- พิมพ์กา ประเสริฐศิลป์. (2562). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์พกพา เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์พกพาเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาแขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- ไพโรธ เลิศพิริยกลม. (2543). *การย่อความ*. กรุงเทพฯ: สุริยาสาสน.
- ภัทริยา อินทรโทโล่. (2561). การเปรียบเทียบอาการปวดกล้ามเนื้อขณะใช้งานสมาร์ทโฟนระหว่าง 3 กลุ่มอายุ: เด็กนักเรียนประถม นักเรียนมัธยม และผู้ทำงานสำนักงาน. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 12, 328-341.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2543). *เอกสารการสอนชุดวิชาภาษาไทย (Thai1) หน่วยที่ 1-8* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- มัทนา นาคะบุตร. (2542). *การอ่านเพื่อชีวิต*. นครปฐม: คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม.
- รมณีนยา สุวรรณจรรยา. (2558). *ผลการใช้แอปพลิเคชันสำหรับสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษบนแท็บเล็ตวิชาภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาราชบุรี เขต 2*. (ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

- รัชดาภรณ์ เชื้อเล็ก. (2551). การศึกษามลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพพหุ  
 ปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์  
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต).  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รัตน์สินี ออมสินสมบุญ. (2559). การศึกษาแนวทางการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันประเภทการ  
 คมนาคมขนส่งทางบก. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,  
 ปทุมธานี.
- เวดี มาณู. (2556). การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของ  
 โรงเรียนพัทลุง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา,  
 สงขลา.
- ล้วน สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรกิต วัดเข้าหลาม. (2542). หลักการแนวคิดการผลิตและใช้ชุดการสอน. วารสารส่งเสริม  
 ประสิทธิภาพการเรียนการสอน, 8(2), 6-12.
- วรวิทย์ นิเทศศิลป์. (2551). สื่อและนวัตกรรมแห่งการเรียนรู้ (Instructional and innovation for  
 learning) (พิมพ์ครั้งที่ 1). ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์.
- วัฒนา มัคคสมัน. (2562). การพัฒนาความรู้ครูผู้สอนระดับปฐมวัยศึกษาในโรงเรียนเอกชน เรื่องการ  
 จัดการเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้แอปพลิเคชันผ่านคอมพิวเตอร์พกพาและสมาร์ต  
 โฟน. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ:  
 แอล ที เพรส.
- วิรัตน์ ชันเขต, ศรัณย์ ภิบาลชนม์ และ กิตติมา พันธุ์พุกษา. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วย  
 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของ  
 เฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์  
 ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
 นครสวรรค์, 21(4), 286-300.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การพัฒนาและติดตามศักยภาพในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของ  
 นิสิตครูวิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการ  
 เรียนรู้, 4(1), 25-37.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory)* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร น้อยอำคา. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันบทเรียนบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยยึดหลัก 5W 1H. *วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 10(1), 80-91.
- ศิริวัฒน์ เตชะแก้ว, สิริินภา กิจเกื้อกูล และ อุบลวรรณ บุญฉ่ำ. (2560). การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท และระบบโครงร่างและการเคลื่อนไหว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทาง. ใน การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 17 เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือครู หนังสือรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2544). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมพร บัวประทุม. (2019). ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่าย ตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเอง และสมาร์ตโฟน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 10(2), 288-299.
- สรายุจิต อ้นพา และ ชนสิทธิ์ สิทธิสูงเนิน. (2562). การพัฒนาแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับแนวคิด Flipped เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 17(2), 213-228.
- สายสมร เฉลยกิตติ, สรินทร เชี่ยวโสธร และ ญาดา น้อยเลิศ. (2562). การพัฒนาการเรียนรู้อด้วยนวัตกรรมสื่อการสอนเสมือนจริงโดยใช้สมาร์ตโฟน. *รามาบดีพยาบาลสาร*, 25(1), 5-15.

- สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2551). *นวัตกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2553). *นวัตกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุดา มากบุญ. (2542). *การศึกษาค้นคว้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยการใช้ชุดปฏิบัติกิจกรรมจากสื่อประสม*. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2546). *21 วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: ดวงกมล.
- สุวิมล ตีรกานันท์. (2550). *การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการประเมินและการวิจัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อรพินท์ ต้นเมืองใจ. (2556). *ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้สมองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อัจฉราภรณ์ สุริยงค์. (2548). *ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อาทิตย์ หมวดคงจันทร์, ประสงค์ เกษวาริคุณ และ สุวิทย์ คงภักดี. (2018). *การพัฒนาชุดทดลองการไหลไรเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ตโฟน*. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ "วลัยลักษณ์วิจัย" ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- เอกราช ตาแก้ว และ รัศมี ชัยสุขสันต์. (2561). *การดัดแปลงอุปกรณ์ชุดศึกษาสเปกตรัมเพื่อการบันทึกด้วยสมาร์ตโฟน*. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 20(3), 90-100.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

1. ใบรับรองจรรยาบรรณการวิจัยที่ทำในมนุษย์
2. รายนามผู้เชี่ยวชาญ

## ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยที่ทำในมนุษย์

MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61



หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง  
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และพัฒนาการด้านทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์  
ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวชลพัชร เพชรพลอยนิล

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : SWUEC-038/2562X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 21 กุมภาพันธ์ 2562

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

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

ออกให้ ณ วันที่ 12 มีนาคม 2562

ลงชื่อ.....  
(นายปิยชาติ บุญเพ็ญ)  
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....  
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)  
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X-038/2562

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

### ด้านฟิสิกส์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภาพงศ์ ชั่งจันทร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

### ด้านฟิสิกส์

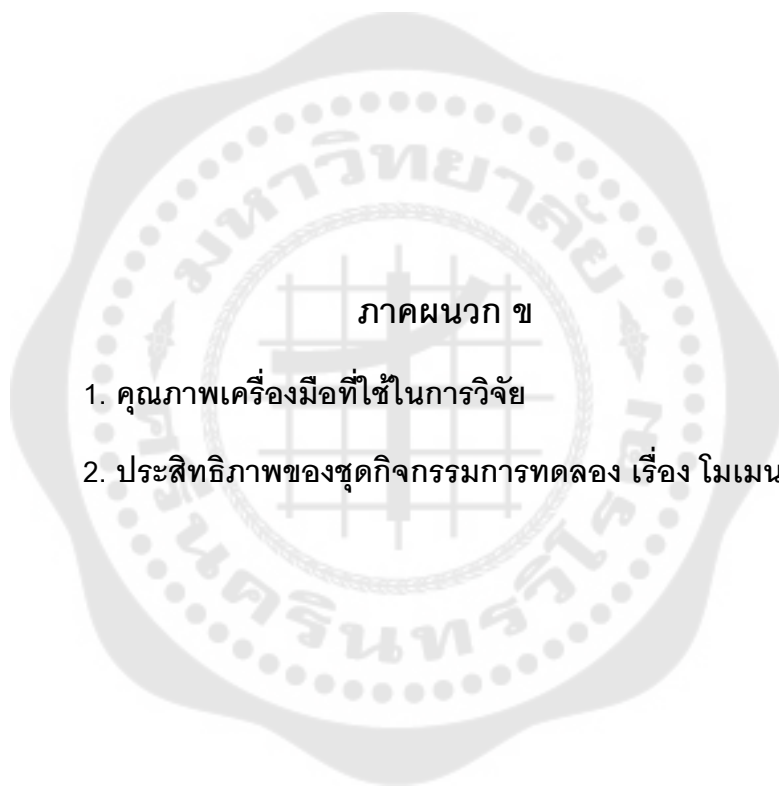
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย พะวงษ์  
มหาวิทยาลัยราชวมงคลกรุงเทพ

### ด้านการศึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยปัญญา จันปุม  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา







ภาคผนวก ข

1. คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์และการชน

## 1. คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 1.1 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

#### 1.1.1 อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน

ตาราง 1 ค่าความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน (อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3				
<b>ลักษณะทางกายภาพทั่วไป</b>							
1. มีความแข็งแรงทนทาน	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
2. มีรูปทรงและขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
<b>ลักษณะการใช้งาน</b>							
1. การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	5	5	15	5.00	0	ดีมาก
2. มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
3. สามารถทดลองได้หลายการทดลอง	5	3	5	13	4.33	1.15	ดี
4. มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	4	4	4	12	4.00	0	ดี
5. มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลอง	5	5	5	15	5.00	0	ดีมาก
<b>ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้</b>							
1. ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
2. นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
3. สามารถดึงดูดและสร้างความสนใจได้	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
ความเหมาะสมของชุดกิจกรรมเฉลี่ย				4.53		0.58	ดีมาก

## 1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน (แผนการจัดการเรียนรู้)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การ พิจารณา
	1	2	3			
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1</b>						
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2. ใบความรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3. ใบกิจกรรมมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4. ใบงานมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
6. การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
7. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2</b>						
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2. ใบความรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 2 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การ พิจารณา
	1	2	3			
<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2</b>						
3. ใบกิจกรรมมีความเหมาะสมกับ กิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4. ใบงานมีความเหมาะสมกับ กิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความ เหมาะสมกับกระบวนการจัดการ เรียนรู้และเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
6. การประเมินผลเหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
7. การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้

1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โหม่งนมต้มและการขน

ตาราง 3 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โหม่งนมต้มและการขน (ปรนัย)

ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความสอดคล้องกับระดับพฤติกรรม			ผลการประเมิน	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก						
	รวม	IOC	รวม	IOC	รวม	IOC	รวม	IOC										
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผู้เชี่ยวชาญคนที่											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.70	0.47			
2	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.64	0.38	
3	1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.74	0.23		
4	1	1	1	3	1.00	1	0	1	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.43	0.25	
5	1	1	1	3	1.00	1	0	1	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.47	0.23	
6	1	1	1	3	1.00	1	0	1	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.34	
7	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.46	0.41
8	1	1	0	2	0.67	1	0	1	2	0.67	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.45	0.49
9	1	1	1	3	1.00	0	1	1	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.65	0.61	
10	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	0.48	0.55

ตาราง 3 (ต่อ)

ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความสอดคล้องกับระดับพฤติกรรม			ผลการประเมิน	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก						
	รวม	IOC	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่	รวม	IOC	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่	รวม	IOC	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่									
	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
11	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.44	0.69			
12	1	0	1	2	0.67	1	0	1	2	0.67	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	0.57	0.26
13	1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.50	0.55	
14	1	1	0	2	0.67	1	0	1	2	0.67	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.49	0.59
15	1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.60	
16	0	1	1	2	0.67	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.54	0.43
17	1	1	1	3	1.00	1	0	1	2	0.67	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.56	0.39
18	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.43	0.58
19	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.47	0.59
20	1	1	1	3	1.00	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.55	0.43

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน (ปรนัย) เท่ากับ 0.688

**หมายเหตุ**

- 1) ข้อสอบที่ใช้ได้ หมายถึง ข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.43-0.74 และมีค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.23-0.69
- 2) นักเรียนที่ทำแบบทดสอบนี้ จำนวน 94 คน

ตาราง 4 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โม่เมนต์ัมและการ  
 ขน (อัตนัย)

ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความสอดคล้องกับระดับพฤติกรรม										
	ผลการศึกษา ผู้เกี่ยวข้องคนที่	รวม IOC	ผลการศึกษา ผู้เกี่ยวข้องคนที่	รวม IOC	ผลการศึกษา ผู้เกี่ยวข้องคนที่	รวม IOC	ผลการประเมินของ ผู้เกี่ยวข้องคนที่	ผลการประเมินของ ผู้เกี่ยวข้องคนที่	รวม IOC	ผลการศึกษา ผู้เกี่ยวข้องคนที่	รวม IOC	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	1	0	1	2	0.67	1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.41	0.42
2	1	1	0	2	0.67	1	1	0	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.53	0.40
3	1	1	1	3	1.00	1	1	1	3	1.00	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.60	0.36
4	0	1	1	2	0.67	1	0	1	2	0.67	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	0.47	0.37
5	1	1	1	3	1.00	1	1	0	2	0.67	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	0.30	0.43

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โม่เมนต์ัมและการขน (อัตนัย) เท่ากับ 0.640

**หมายเหตุ**

- 1) ข้อสอบที่ใช้ได้ หมายถึง ข้อสอบนั้นมีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.30-0.60 และมีค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.36-0.43
- 2) นักเรียนที่ทำแบบทดสอบนี้ จำนวน 94 คน

ตาราง 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โม่หมุนตั้งและการชน ของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง  
เรื่อง โม่หมุนตั้งและการชน

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย										รวม (30)
	ความเข้าใจ (5)					การนำไปใช้ (5)					ความเข้าใจ (2)					การนำไปใช้ (6)					
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง			
1	3	3	3	3	4	4	2	5	1.00	1.50	1.60	2.50	0.00	1.00	1.00	20.00					
2	2	4	3	3	3	3	1	4	0.50	2.00	1.50	3.50	0.00	2.00	11.00	21.50					
3	4	4	2	2	1	4	2	3	0.70	1.50	0.30	0.95	0.00	1.50	10.00	16.95					
4	3	4	2	4	3	3	4	5	0.50	2.00	0.50	3.50	0.00	3.50	13.00	25.00					
5	3	3	3	4	2	2	1	5	0.00	1.90	0.00	3.55	0.00	2.00	9.00	21.45					
6	3	3	4	4	2	4	2	6	1.50	2.00	1.00	4.00	0.50	2.00	14.00	25.00					
7	4	4	3	5	4	4	3	5	1.20	2.00	1.00	4.00	1.50	4.00	17.70	28.00					
8	3	4	4	4	2	2	3	4	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	16.00	19.00					
9	4	4	5	5	3	4	2	3	1.00	1.50	0.80	1.50	0.00	0.20	15.80	19.20					
10	3	4	2	5	2	4	3	4	0.00	2.00	0.00	4.00	0.00	2.70	10.00	25.70					
11	4	3	3	5	1	3	2	3	0.50	2.00	0.50	2.00	0.00	1.00	11.00	19.00					



ตาราง 5 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย									
	ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การวิเคราะห์		รวม			
	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(2)	(2)	(6)	(6)	(2)	(2)	(2)	(2)	(30)	(30)		
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
12	3	4	3	3	4	4	4	2	3	0.00	0.50	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	14.95	
13	2	4	3	3	3	4	4	2	4	0.50	2.00	0.50	4.00	0.00	0.00	0.00	2.50	11.00	23.50	
14	2	4	4	3	1	2	2	2	3	1.00	2.00	1.00	2.00	0.50	0.50	0.60	11.50	16.60		
15	1	3	2	4	3	3	3	2	4	0.00	2.00	0.00	2.80	0.00	0.00	0.40	8.00	19.20		
16	2	3	4	3	1	4	4	4	4	1.00	2.00	1.00	3.50	0.00	0.00	1.95	13.00	21.45		
17	3	4	2	3	3	4	4	3	6	1.50	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	2.80	12.50	25.80		
18	3	4	3	3	3	2	2	2	4	0.00	1.50	0.00	3.50	0.00	0.00	1.00	11.00	19.00		
19	3	4	1	3	4	3	3	3	5	1.00	2.00	1.00	3.00	0.00	0.00	1.15	13.00	21.15		
20	4	4	3	4	2	3	3	3	4	1.50	2.00	0.50	2.45	0.00	0.00	2.50	14.00	21.95		
21	1	3	3	4	3	5	4	4	3	0.00	2.00	0.00	3.80	0.00	0.00	2.40	11.00	23.20		
22	4	3	3	4	3	5	5	2	4	1.00	1.90	1.00	3.00	0.00	0.00	2.00	14.00	22.90		
23	4	4	2	3	3	4	4	1	3	0.50	2.00	0.00	4.00	0.50	1.00	1.00	11.00	21.00		



ตาราง 5 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย									
	ความเข้าใจ					การนำไปใช้					การวิเคราะห์					การวิเคราะห์				
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		
36	3	4	2	3	3	3	4	3	3	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	0.80	11.00	18.20
37	4	3	3	5	2	4	4	2	4	0.00	2.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	2.90	11.00	23.90	
38	2	4	3	3	2	3	3	2	5	0.00	2.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	2.00	9.00	21.70	
39	3	3	1	4	2	2	2	3	4	0.00	1.95	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	9.00	17.95	
เฉลี่ย	3.03	3.64	2.72	3.54	2.62	3.51	2.49	2.49	4.08	0.54	1.81	0.47	0.12	2.92	0.12	1.63	11.96	21.12		

ตาราง 6 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โม่เมนต์และการชน ของกลุ่มควบคุมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย						รวม (30)			
	ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		รวม (30)					
	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)						
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง					
1	4	3	2	3	3	3	4	4	3	3	4	4	0.50	1.00	1.50	1.50	0.00	0.20	14.00	16.70
2	3	3	4	3	3	3	3	2	3	2	3	3	0.50	0.50	1.00	1.00	0.00	0.50	13.00	14.00
3	3	3	2	4	2	3	3	3	3	2	3	2	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	10.00	15.00
4	4	3	2	3	3	3	3	1	2	2	2	0.00	0.50	0.00	0.10	0.00	0.05	10.00	11.65	
5	2	4	2	3	3	3	3	3	2	2	2	1.00	0.50	1.00	0.50	0.00	0.00	12.00	13.00	
6	4	2	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	0.50	0.50	1.00	0.00	0.10	15.00	13.60	
7	3	4	2	3	3	3	3	2	4	4	2	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.00	10.00	18.00	
8	2	4	3	3	4	3	3	3	5	3	5	0.00	1.80	0.00	1.50	0.00	0.00	12.00	18.30	
9	4	4	3	3	2	4	4	3	4	3	4	1.00	1.50	1.00	1.50	0.00	0.25	14.00	18.25	
10	2	4	4	2	3	3	3	2	3	2	3	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	11.00	14.00	
11	3	4	2	2	3	3	3	2	3	3	3	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.00	10.00	16.00	

ตาราง 6 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย									
	ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		รวม					
	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(2)	(2)	(6)	(6)	(2)	(2)	(30)	(30)				
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง			
12	2	3	3	2	3	2	2	1	2	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	13.00		
13	3	2	2	3	2	3	3	3	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00		
14	3	2	2	4	2	3	3	3	2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	15.00		
15	3	4	2	3	3	3	3	2	4	1.50	1.50	0.50	0.50	2.00	0.00	2.00	2.00	19.50		
16	4	3	3	2	4	3	3	3	3	1.00	0.50	1.50	1.50	1.00	0.50	0.50	0.50	13.00		
17	3	4	2	3	3	3	3	3	4	1.00	1.50	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	1.00	18.50		
18	3	4	3	3	3	2	3	3	4	1.50	1.50	0.50	0.50	1.50	0.00	1.00	1.00	17.00		
19	3	4	1	4	4	4	3	3	3	0.50	2.00	0.60	0.60	3.05	0.10	2.20	2.20	22.25		
20	3	4	3	2	3	3	2	2	3	0.50	1.00	0.50	0.50	1.50	0.00	1.00	1.00	15.50		
21	4	3	4	3	3	3	3	2	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00		
22	3	3	2	4	3	4	3	3	3	1.00	1.50	1.00	1.00	2.00	0.00	0.50	0.50	18.00		
23	3	4	3	3	2	4	3	3	4	0.50	1.00	0.50	0.50	0.45	0.20	1.00	1.00	17.45		

ตาราง 6 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย			รวม		
	ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การวิเคราะห์		การวิเคราะห์		ก่อน		หลัง	
	(4)	(5)	(5)	(6)	(6)	(6)	(2)	(2)	(6)	(2)	(30)					
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง			
24	4	4	2	3	3	3	3	4	0.50	1.50	0.50	1.50	0.00	0.50	13.00	17.50
25	3	3	4	3	2	4	2	3	0.50	1.50	0.90	1.00	0.40	1.15	12.80	16.65
26	2	2	3	2	3	3	3	2	1.00	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	13.00	11.5.
27	4	2	2	2	4	4	1	3	0.50	0.50	0.50	1.00	0.00	0.95	12.00	13.45
28	4	2	3	2	4	3	3	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	10.00
29	3	2	3	3	3	3	2	3	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.25	11.00	14.25
30	3	4	4	3	3	3	1	3	0.00	1.50	0.00	1.25	0.00	1.00	11.00	16.75
31	3	3	2	3	4	3	3	4	0.50	1.00	0.50	2.00	0.00	0.75	13.00	16.75
32	3	2	2	2	3	4	3	4	0.50	1.50	0.50	1.50	0.00	1.00	12.00	16.00
33	3	4	2	2	2	2	3	4	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.50	10.00	16.50
34	3	4	3	4	3	3	3	3	1.00	1.75	0.50	1.50	0.50	0.50	14.00	17.75
35	3	2	2	2	4	3	2	3	0.10	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	11.20	10.50

ตาราง 6 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบปรนัย										แบบทดสอบอัตนัย										รวม
	ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การวิเคราะห์		(30)				
	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(2)	(2)	(6)	(6)	(2)	(2)	(2)	(2)					
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
36	4	3	3	2	4	4	3	2	2	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	10.00	
37	3	4	3	3	3	3	3	2	2	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	12.50	
38	3	2	2	3	2	2	2	1	3	0.00	1.50	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.50	0.50	8.00	14.00	
39	3	4	2	2	4	4	4	2	4	0.50	2.00	0.00	0.00	2.50	2.50	0.50	0.60	0.60	12.00	19.10	
40	2	4	2	3	3	3	3	2	4	0.00	1.80	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	1.20	1.20	9.00	18.50	
41	4	4	2	4	2	3	3	2	4	0.10	2.00	0.10	0.10	4.00	4.00	0.00	2.00	2.00	10.20	23.00	
เฉลี่ย	3.12	3.24	2.56	2.85	3.00	3.12	2.41	3.20	3.20	0.46	1.12	0.38	0.46	1.29	1.29	0.07	0.63	0.63	12.00	15.50	

1.3 แบบประเมินทักษะการสื่อสารวิชาการนำเสนอด้วยวาจา

ตาราง 7 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาคาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ			ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้องกับคะแนนระดับความสามารถ			การพิจารณา	
	ผู้เชี่ยวชาญ			ผู้เชี่ยวชาญ			ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1. เนื้อหา											
1.1 ความถูกต้องของเนื้อหา	ดีมาก (5) ทั้งหมด มีบางประเด็นที่ขาดไป	ดี (4) สื่อสารเนื้อหาสำคัญได้ถูกต้องทั้งหมด มีบางประเด็นที่ขาดไป	พอใช้ (3) สื่อสารเนื้อหาสำคัญได้ถูกต้องครึ่งหนึ่งของเนื้อหาสำคัญทั้งหมด	น้อย (2) สื่อสารเนื้อหาสำคัญได้ถูกต้องน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเนื้อหาสำคัญทั้งหมด	ปรับปรุง (1) ไม่สามารถสื่อสารเนื้อหาสำคัญได้อย่างถูกต้อง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ใช้ได้



ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา		
		กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ			การพิจารณา		
		ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	IOC	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	IOC	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	IOC
1. เนื้อหา		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
1.2 เนื้อหาครบถ้วนทุกประเด็น	ดี (5) สื่อสารเนื้อหาสำคัญได้ครบถ้วนทุกประเด็น	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	ดี (4) สื่อสารเนื้อหาสำคัญครอบคลุมเกือบทุกประเด็น มีบางประเด็นที่ขาดไป	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	พอใช้ (3) สื่อสารเนื้อหาสำคัญครึ่งเพียงบางประเด็น เนื้อหาครึ่งหนึ่งไม่เกี่ยวข้อง	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	น้อย (2) สื่อสารเนื้อหาสำคัญได้น้อยประเด็น เนื้อหามากกว่าครึ่งหนึ่งไม่เกี่ยวข้อง	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	ปรับปรุง (1) ไม่สามารถสื่อสารเนื้อหาได้ครบถ้วนทุกประเด็น และเนื้อหาส่วนใหญ่ที่สื่อสารไม่เกี่ยวข้อง	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา		
		กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ					
		ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	1	2	3			
		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
1. เนื้อหา										
1.3 ความเชื่อมโยง	ดีมาก (5) เชื่อมโยงเนื้อหาได้ทุกหัวข้อ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ของเนื้อหา	ดี (4) เชื่อมโยงเนื้อหาได้ครอบคลุมเกือบทุกหัวข้อ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	พอใช้ (3) เชื่อมโยงเนื้อหาได้ครึ่งหนึ่งของหัวข้อทั้งหมด	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	น้อย (2) เชื่อมโยงเนื้อหาได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของหัวข้อทั้งหมด	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	ปรับปรุง (1) ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละหัวข้อได้	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา		
		กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ					
		ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ			
		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
2. ภาษา										
การขยาย	ดีมาก (5) มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ความคำศัพท์	คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายทุกครั้ง									
เฉพาะหรือใช้	ดี (4) มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
คำ	เปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายเป็นส่วน									
เปรียบเทียบ	ใหญ่									
เพื่อให้เกิด	พอใช้ (3) มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ความเข้าใจ	คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายบางครั้ง									
	น้อย (2) มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายน้อย									
	ปรับปรุง (1) ไม่มีการขยายความคำศัพท์เฉพาะ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	หรือใช้คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่าย									

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา		
		กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ					
		ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	IOC	IOC			
3. สิ่งแทนความ		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ	ดีมาก (5) การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง	แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารทั้งหมดที่เลือกมาช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น									
หรือ	ดี (4) การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ภาพเคลื่อนไหว	หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารส่วนใหญ่									
ประกอบการ	ที่เลือกมาช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น									
สื่อสารที่ช่วยให้	พอใช้ (3) การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ผู้รับสารเข้าใจ	แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสาร									
	บางส่วนที่เลือกมาช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น									

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้อง			ความสอดคล้องกับ					
		กับองค์ประกอบ			กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ					
		ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3			
3. สิ่งแทนความ													
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว													
น้อย (2) การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารส่วนน้อยที่เลือกมาช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ปรับปรุง (1) ไม่มีการเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้อง			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา			
		กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ			ความสามารถ						
		ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3				
4. การนำเสนอ		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
4.1 การตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	ดีมาก (5) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้องทั้งหมด	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ความคิดเห็น	ดี (4) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้องส่วนใหญ่	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	พอใช้ (3) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้องบางส่วน	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	น้อย (2) ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้ถูกต้องน้อย	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	บริบูรณ์ (1) ไม่สามารถตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 7 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ	ความชัดเจนของภาษา			ความสอดคล้อง			ความสอดคล้องกับ			การพิจารณา			
		กับองค์ประกอบ			กับองค์ประกอบ			คะแนนระดับ						
		ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3	ผู้เชี่ยวชาญ	IOC	1 2 3				
4. การนำเสนอ		1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
4.2	ดีมาก (5) พุดได้อย่างชัดเจน สบตาผู้รับสาร อริยาบถ และท่วงท่าเหมาะสมตลอดการนำเสนอ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
บุคคลิกภาพ	ดี (4) พุดได้อย่างชัดเจน สบตาผู้รับสาร อริยาบถและ ท่วงท่าเหมาะสมส่วนใหญ่ของการนำเสนอ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	พอใช้ (3) พุดได้อย่างชัดเจน สบตาผู้รับสาร อริยาบถ และท่วงท่าเหมาะสมบางช่วงของการนำเสนอ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	น้อย (2) พุดได้อย่างชัดเจน สบตาผู้รับสาร อริยาบถ และท่วงท่าเหมาะสมส่วนน้อยของการนำเสนอ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	ปรับปรุง (1) ไม่สามารถพุดได้อย่างชัดเจน ไม่สบตาผู้รับสาร อริยาบถและท่วงท่าไม่เหมาะสมกับการนำเสนอ	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 8 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่า t ของแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา

องค์ประกอบการประเมิน	IOC	ผลการประเมิน	อำนาจจำแนก (t)	ค่า p-value
<b>1. เนื้อหา</b>				
ความถูกต้องของเนื้อหา	1.00	สอดคล้อง	5.00	0.00
เนื้อหาครบถ้วนทุกประเด็น	1.00	สอดคล้อง	3.16	0.02
ความเชื่อมโยงของเนื้อหา	1.00	สอดคล้อง	11.00	0.00
<b>2. ภาษา</b>				
การขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือใช้คำเปรียบเทียบกับให้เกิดความเข้าใจ	1.00	สอดคล้อง	5.40	0.00
<b>3. สิ่งแทนความ</b>				
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจ	1.00	สอดคล้อง	2.24	0.08
<b>4. การนำเสนอ</b>				
ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1.00	สอดคล้อง	5.00	0.00
บุคลิกภาพ	1.00	สอดคล้อง	3.16	0.02

ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา เท่ากับ 0.648

องค์ประกอบที่ใช้ได้ หมายถึง องค์ประกอบที่มีค่า t ตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป



ตาราง 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสามารถของทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอ ของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์ัมและการชน กิจกรรมที่ 1 โมเมนต์ัม

องค์ประกอบทักษะการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอ	กลุ่ม						$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ทักษะ
	1	2	3	4	5	6			
<b>กิจกรรมที่ 1 โมเมนต์ัม</b>									
<b>1. เนื้อหา</b>									
ความถูกต้องของเนื้อหา	4	3	4	3	4	4	3.67	0.52	ดี
เนื้อหาครบถ้วนทุกประเด็น	3	4	4	4	3	4	3.67	0.52	ดี
ความเชื่อมโยงของเนื้อหา	3	4	3	2	4	3	3.17	0.75	พอใช้
<b>2. ภาษา</b>									
การขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือ ใช้คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความ เข้าใจ	2	4	3	2	4	4	3.17	0.98	พอใช้
<b>3. สิ่งแทนความ</b>									
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้รับ สารเข้าใจ	4	5	3	4	4	3	3.83	0.75	ดี
<b>4. การนำเสนอ</b>									
ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	4	3	4	3	3	4	3.50	0.55	ดี
บุคลิกภาพ	3	4	4	3	4	3	3.50	0.55	ดี
<b>เฉลี่ย</b>	3.29	3.86	3.57	3.00	3.71	3.57	3.50	0.67	ดี

ตาราง 10 คะแนน คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสามารถของทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอด้วยวาจา ของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนต์ัมและการชน กิจกรรมที่ 2 การชนในหนึ่งมิติ

องค์ประกอบทักษะการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอ	กลุ่ม						$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ทักษะ
	1	2	3	4	5	6			
<b>กิจกรรมที่ 2 การชนในหนึ่งมิติ</b>									
<b>1. เนื้อหา</b>									
ความถูกต้องของเนื้อหา	5	4	3	4	5	4	4.17	0.75	ดี
เนื้อหาครบถ้วนทุกประเด็น	5	4	4	5	5	5	4.67	0.52	ดี
ความเชื่อมโยงของเนื้อหา	5	4	5	4	4	3	4.17	0.75	ดี
<b>2. ภาษา</b>									
การขยายความคำศัพท์เฉพาะหรือ ใช้คำเปรียบเทียบกับเพื่อให้เกิดความ เข้าใจ	4	3	4	3	4	5	3.83	0.75	ดี
<b>3. สิ่งแทนความ</b>									
การเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบการสื่อสารที่ช่วยให้ผู้รับ สารเข้าใจ	3	5	3	4	4	5	4.00	0.89	ดี
<b>4. การนำเสนอ</b>									
ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	4	5	4	5	4	4	4.33	0.52	ดี
บุคลิกภาพ	5	5	5	4	5	4	4.67	0.52	ดีมาก
<b>เฉลี่ย</b>	4.43	4.29	4.00	4.14	4.43	4.29	4.26	0.70	ดี

## 2. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ตาราง 11 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

นักเรียน คนที่	คะแนนจากใบกิจกรรมระหว่างการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม (28 คะแนน)	คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน (30 คะแนน)
1	22.50	17
2	19.70	22
3	21.10	19
4	21.10	22
5	21.50	23
6	19.00	20
7	22.80	21
8	22.50	24
9	20.50	21
10	21.70	25
11	20.00	21
12	18.00	23
13	22.50	21
14	19.00	23
15	22.00	20
16	20.00	21
17	21.80	23
18	22.50	19
19	22.70	19
20	20.10	20
21	20.80	22
22	21.00	19

ตาราง 11 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนจากใบกิจกรรมระหว่างการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม (28 คะแนน)	คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง โมเมนต์และการชน (30 คะแนน)
23	23.50	20
รวม	486.30	485
x-bar	21.14	21.09
S.D.	1.43	1.90
ร้อยละ	75.51	70.29
	$E_1=75.51$	$E_2=70.29$
	$E_1/E_2=75.51/70.29$	



ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในวิจัย

### ตัวอย่างแบบทดสอบ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

#### คำชี้แจง

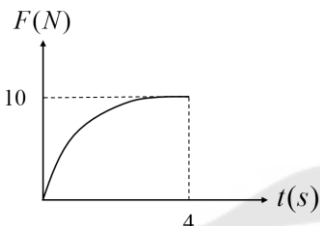
ข้อสอบวิชานี้แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 20 ข้อ รวม 20 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบอัตนัย มีทั้งหมด 5 ข้อ รวม 10 คะแนน

**ตอนที่ 1** จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วแรเงา • ลงในกระดาษคำตอบปรนัย

ข้อที่	ข้อความคำถาม	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม
1.	<p>พิจารณาข้อความต่อไปนี้</p> <p>ก. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง</p> <p>ข. โมเมนตัมเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็ว</p> <p>ค. โมเมนตัมมีทิศทางเดียวกับความเร็ว</p> <p>ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง</p> <p>1. ก. และ ข.    2. ข. และ ค.    3. ก., ข. และ ค.    4. ผิดทุกข้อ</p> <p>เฉลย ข้อ 3</p>	ความจำ
2.	<p>ถ้าให้รถทดลอง 2 คัน ซึ่งมีมวลเท่ากัน วิ่งเข้าชนกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน โดยเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ภายหลังการชน รถทดลองทั้งสองคันมีการเคลื่อนที่อย่างไร</p> <p>1. ต่างกระดอนกลับด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม</p> <p>2. ต่างกระดอนกลับด้วยอัตราเร็วครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วเดิม</p> <p>3. คันหนึ่งหยุดนิ่ง อีกคันเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วเป็นสองเท่าของอัตราเร็วเดิม</p> <p>4. หยุดนิ่งทั้งสองคัน</p> <p>เฉลย ข้อ 1</p>	ความเข้าใจ

ข้อที่	ข้อความคำถาม	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม
3.	<p>จากกราฟแรงไม่คงตัวกับเวลาที่กระทำต่อวัตถุ ดังรูป ในช่วง 4 วินาที มีพื้นที่ใต้กราฟ 18 นิวตัน·วินาที และมีค่าแรงสูงสุดเท่ากับ 10 นิวตัน จงหาแรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา 4 วินาทีนี้</p>  <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">1. 4      นิวตัน</span>  <span style="margin-right: 100px;">2. 4.5    นิวตัน</span>  <span style="margin-right: 100px;">3. 5      นิวตัน</span>  <span style="margin-right: 100px;">4. 5.5    นิวตัน</span> </p> <p>เฉลย ข้อ 2</p>	การนำไปใช้
4.	<p>พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ “วัตถุตกแบบเสรีและกระทบพื้นราบ ด้วยอัตราเร็ว <math>v</math> และสะท้อนกลับทางเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม”</p> <p>ก. พลังงานจลน์ของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง  ข. ความเร็วของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง  ค. โมเมนตัมของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง</p> <p>คำตอบที่ถูกต้องที่สุดคือข้อใด</p> <p>1. ก.                      2. ค.                      3. ก. และ ข.                      4. ถูกทุกข้อ</p> <p>เฉลย ข้อ 1</p>	การวิเคราะห์

## ตอนที่ 2 จงตอบคำถามหรือแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบอัตโนมัติ

- (เข้าใจ) อธิบายและเชื่อมโยงเรื่องโมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดลและแรงดล
- (การนำไปใช้) วัตถุมวล 2 กิโลกรัม มีความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที วิ่งเข้าชนวัตถุอีกชิ้นหนึ่งมวล 1 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่น จงหา
  - โมเมนตัมรวมก่อนการชน
  - ความเร็วหลังการชนของมวลแต่ละก้อน
  - พลังงานจลน์รวมหลังการชน
- (การวิเคราะห์) จรวดขณะอยู่ในอากาศได้พ่นแก๊สออกทางด้านท้ายด้วยความเร็วสูง จงอธิบายว่าจรวดเคลื่อนที่ไปได้อย่างไรโดยอาศัยหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ตัวอย่างชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน  
วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน



ชื่อ-สกุล.....

ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

โรงเรียน.....

จัดทำโดย นางสาวชลพัชร เพชรพลอยนิล  
นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ





## คำชี้แจง

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง โมเมนตัม และการชน ใช้เวลาทั้งสิ้น 8 คาบ ซึ่งประกอบด้วย
  - 1) กิจกรรม 1 โมเมนตัม
    - ตอนที่ 1 โมเมนตัม
    - ตอนที่ 2 ประเภทของการชน
  - 2) กิจกรรม 2 การชนในหนึ่งมิติ
    - ตอนที่ 1 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
    - ตอนที่ 2 การคล
  
2. ขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หากนักเรียนมีปัญหา หรือข้อสงสัย นักเรียนสามารถสอบถามครูผู้สอนได้



## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ความรู้ความเข้าใจ (K)

1. อธิบายความหมายของโมเมนตัมได้
2. บอกได้ว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนตัม โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม
4. อธิบายความแตกต่างระหว่างการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นได้
5. อธิบายได้ว่าผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล
6. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟ คือ ขนาดของการดล
7. บอกได้ว่าแรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่า แรงดล
8. บอกได้ว่าการชนในหนึ่งมิติศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เข้าชนผ่านศูนย์กลางมวลวัตถุที่ถูกชน
9. บอกได้ว่าการชนในหนึ่งมิติแบบยืดหยุ่น ผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบคงตัว
10. บอกได้ว่าการชนในหนึ่งมิติแบบไม่ยืดหยุ่น โมเมนตัมของระบบคงตัว แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัว
11. อธิบายกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้



## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ทักษะกระบวนการ (P)

1. ตั้งสมมติฐานได้ว่ามวลของวัตถุมีผลต่อโมเมนตัมของวัตถุนั้นๆ ได้
2. คำนวณโมเมนตัมของวัตถุเมื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ได้
3. คำนวณแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเมื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ได้
4. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องเมื่อกำหนดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาได้
5. ตั้งสมมติฐานการทดลองได้
6. ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ว่า โมเมนตัมรวมของระบบคงตัวเมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบ
7. คำนวณการดลและแรงดลเฉลี่ยเมื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ได้
8. คำนวณกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบเมื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ได้
9. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องเมื่อกำหนดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาได้

### คุณลักษณะ (A)

1. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลา
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบ
3. ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น



## ใบความรู้โมเมนตัมและการชน



### โมเมนตัม

โมเมนตัม (momentum :  $\vec{p}$ ) คือ ผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ซึ่งเป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็ว และโมเมนตัมได้ว่า

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

เมื่อ	$\vec{p}$	คือ โมเมนตัมของวัตถุ หน่วย กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที (kg·m/s)
	$m$	คือ มวลของวัตถุ หน่วย กิโลกรัม (kg)
	$\vec{v}$	คือ ความเร็วของวัตถุ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางตามทิศของความเร็ว ในการทำให้วัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่ให้หยุดนิ่ง พบว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออกแรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย

นอกจากนี้ โมเมนตัมเชิงเส้นของวัตถุสามารถจำลองแบบได้จากการเคลื่อนที่ของวัตถุ มวล  $m$  ด้วยความเร็ว  $\vec{v}$  โดยโมเมนตัมถูกกำหนดให้เป็นผลคูณของมวลและความเร็วของวัตถุ ถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางใดๆ โมเมนตัมเชิงเส้นจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ  $p_x = mv_x$ ,  $p_y = mv_y$  และ  $p_z = mv_z$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (กฎของความเฉื่อย) เขียนในรูปของโมเมนตัมได้ว่า เมื่อวัตถุมีความเร็วคงตัว โมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ

### ข้อสังเกต

1. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ สามารถแตกเวกเตอร์เข้าแกนได้
2. โมเมนตัมมีทิศทางเดียวกับความเร็ว



**การดลและแรงดล**

**การดล (Impulse: I)** คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาสั้น ๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็นกิโลกรัม·เมตรต่อวินาที (kg·m/s) หรือนิวตัน·วินาที (N·s)

**แรงดล (Impulse Force: F)** คือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมหรือแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมในช่วงเวลาสั้น ๆ

สามารถคำนวณได้ ดังสมการ 
$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$$

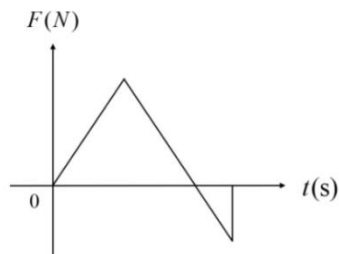
การดล  $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$

แรงดล

- แรงดลมีหน่วย นิวตัน (N) กระทำในช่วงเวลาสั้น ๆ
- แรงดลเป็นแรงเฉลี่ยเสมอ

**การหาการดลจากพื้นที่ใต้กราฟ**

เนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ มีค่าไม่คงตัว สามารถคำนวณขนาดของการดลหรือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับเวลา



ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา

**การดล = พื้นที่ใต้กราฟ**

ถ้าแรงมีทิศตรงข้ามกัน (กราฟด้านบนและด้านล่างของแกน) การดล เท่ากับ ผลต่างของพื้นที่บนแกนและใต้แกน

**ข้อสังเกต**

1. การดลเนื่องจากแรงคงตัว ถ้ามีแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุ จะได้การดลมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงลัพธ์กับเวลา คำนวณจาก  $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$
2. การดลเนื่องจากแรงไม่คงตัว ถ้ามีแรงไม่คงตัวกระทำต่อวัตถุ จะได้การดลมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับเวลา



## กิจกรรม 1 โมเมนตัม

ได้คะแนน

ผู้ร่วมทำการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนศึกษากิจกรรมที่กำหนดให้และปฏิบัติตามกิจกรรมพร้อมบันทึกผลการทำกิจกรรมในใบกิจกรรม 1 เรื่อง โมเมนตัม

### วัสดุอุปกรณ์

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| 1. รถทดลอง         | 2 คัน     |
| 2. รางอลูมิเนียม   | 1 ราง     |
| 3. สมาร์ทโฟน       | 2 เครื่อง |
| 4. คอมพิวเตอร์     | 1 เครื่อง |
| 5. ดัมเบล 500 กรัม | 1 อัน     |

### ขั้นเตรียมก่อนทำการทดลอง

สมาร์ทโฟน 2 เครื่องติดตั้งแอปพลิเคชัน SPARKvue และ Bubble Level

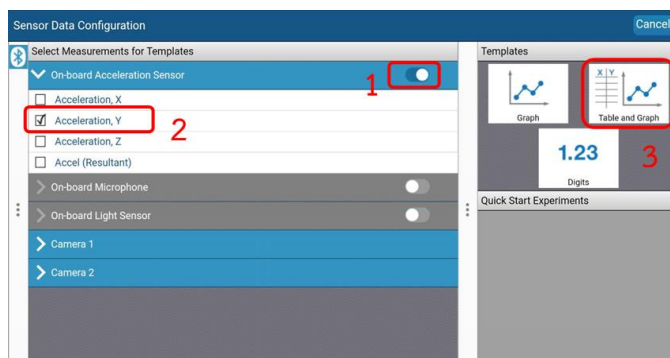
### วิธีทำการทดลอง ตอนที่ 1 โมเมนต์

1. ปรับระดับความสูงตามต้องการของรางด้านหนึ่งให้รางเป็นพื้นเอียง
2. นำสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Bubble Level เพื่อวัดองศาตามแนวแกน y ของราง บันทึกผล องศาจะเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับ การวางสมาร์ทโฟน ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงผลของแอปพลิเคชัน Bubble Level

3. นำสมาร์ทโฟนวางบนรถทดลอง โดยหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชันมือถือ SPARKvue เลือก Sensor Data จากนั้น On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y เลือกการแสดงผลแบบ กราฟและข้อมูล ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การตั้งค่าแอปพลิเคชันมือถือ SPARKvue ในการทดลอง

## บันทึกผลการทดลอง



สมมติฐาน

.....

.....

.....



ตัวแปรต้น

.....

.....

.....

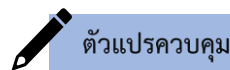


ตัวแปรตาม

.....

.....

.....



ตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

### ตอนที่ 1 โหมดนับ

- จากข้อมูลที่คำนวณได้บันทึกเวลา ความเร่งในแนวแกน  $y$  และความเร็วในแนวแกน  $y$  ของรถทดลองและสมาร์ทโฟนที่มีการเพิ่มมวลและไม่เพิ่มมวล

รถทดลองและสมาร์ทโฟน			รถทดลองและสมาร์ทโฟน เพิ่มมวล 500 กรัม		
$t$ (s)	$a_y$ ( $m/s^2$ )	$v_y$ (m/s)	$t$ (s)	$a_y$ ( $m/s^2$ )	$v_y$ (m/s)



## 2. บันทึกข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

พื้นเอียงทำมุม.....องศากับแนวระดับ			
รถทดลองและสมาร์ตโฟน			
เวลา (s)	มวล (kg)	ความเร็ว (m/s)	โมเมนตัม (kg·m/s)
2	ช่วงครั้งที่ 1		
	ช่วงครั้งที่ 2		
	ช่วงครั้งที่ 3		
	มวลเฉลี่ย		
รถทดลองและสมาร์ตโฟน เพิ่มมวล 500 กรัม			
เวลา (s)	มวล (kg)	ความเร็ว (m/s)	โมเมนตัม (kg·m/s)
2	ช่วงครั้งที่ 1		
	ช่วงครั้งที่ 2		
	ช่วงครั้งที่ 3		
	มวลเฉลี่ย		

## ตอนที่ 2 การชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

## 1. การเคลื่อนที่หลังการชนของรถทดลองที่ติดแถบกาวยืดติดเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

## 2. การเคลื่อนที่หลังการชนของรถทดลองที่ติดฟองน้ำเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....



## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1. มวลของรถทดลองที่แตกต่างกัน ส่งผลกับความเร่งอย่างไร

.....

.....

2. มวลของรถทดลองที่แตกต่างกัน ส่งผลกับความเร็วอย่างไร

.....

.....

3. เปรียบเทียบโมเมนต์ัมของรถทดลองแต่ละคัน เมื่อกำหนดให้มุมของพื้นเอียงเท่ากัน

.....

.....

.....

4. เปรียบเทียบโมเมนต์ัมของรถทดลองกับกลุ่มอื่น ๆ ที่มีมุมของพื้นเอียงไม่เท่ากัน

.....

.....

.....

5. จากการทดลองตอนที่ 2 การชนลักษณะใดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น การชนทั้งสองประเภทแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....



## กิจกรรม 2 การชนในหนึ่งมิติ

ได้คะแนน

ผู้ร่วมทำการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนศึกษากิจกรรมที่กำหนดให้และปฏิบัติตามกิจกรรมพร้อมบันทึกผลการทำกิจกรรมในใบกิจกรรม 2 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ

**วัสดุอุปกรณ์**

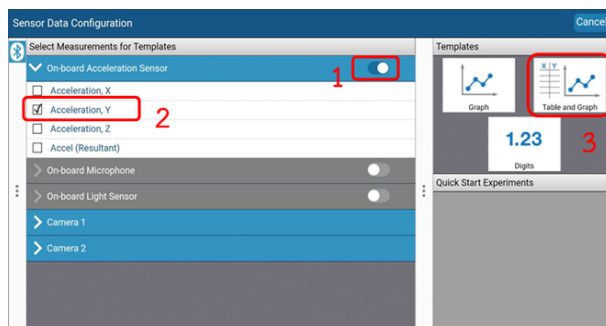
- |                  |           |
|------------------|-----------|
| 1. รถทดลอง       | 2 คัน     |
| 2. รางอลูมิเนียม | 1 ราง     |
| 3. สมาร์ทโฟน     | 2 เครื่อง |
| 4. คอมพิวเตอร์   | 1 เครื่อง |

**ขั้นเตรียมก่อนทำการทดลอง**

สมาร์ทโฟน 2 เครื่องติดตั้งแอปพลิเคชัน SPARKvue

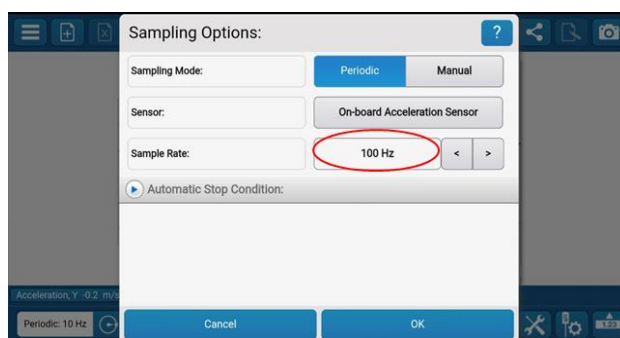
### วิธีทำการทดลอง ตอนที่ 1 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1. นำสมาร์ตโฟนวางบนรถทดลองที่มีฟองน้ำ และไม่มีฟองน้ำอย่างละเครื่อง โดยหน้าจอแต่ละเครื่องแสดงผลแอปพลิเคชันมือถือ SPARKvue เลือก On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y จากนั้นเลือกการแสดงผลแบบกราฟและข้อมูล ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 การตั้งค่าแอปพลิเคชันมือถือ SPARKvue ในการทดลอง

2. ปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่งเป็น 100 เฮิร์ต ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การปรับความถี่ในการบันทึกข้อมูลความเร่ง

3. วางรถทดลองทั้ง 2 คันบนรางอลูมิเนียมโปรไฟล์บนระนาบพื้นราบ
4. กดบันทึกข้อมูลความเร่งของสมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่อง จากนั้นผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง สังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคันหลังการชน
5. นำข้อมูลจากสมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่องที่ได้จากการทดลองมาเข้าโปรแกรม Microsoft Excel

## บันทึกผลการทดลอง



สมมติฐาน



ตัวแปรต้น



ตัวแปรตาม



ตัวแปรควบคุม

### ตอนที่ 1 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1. จากข้อมูลที่คำนวณได้บันทึกเวลา ความเร่งในแนวแกน  $y$  และความเร็วในแนวแกน  $y$  ของช่วงก่อนการชน ระหว่างชน และหลังการชน ของรถที่ชนและรถที่ถูกชน

กำหนดให้ รถคันที่ชนเป็นรถคันที่ 1 และรถที่ถูกชนเป็นรถคันที่ 2

รถคันที่ 1			รถคันที่ 2		
t (s)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	$v_y$ (m/s)	t (s)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	$v_y$ (m/s)

## 2. บันทึกข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

กำหนดให้ รถคันที่ชนเป็นรถคันที่ 1 และรถที่ถูกชนเป็นรถคันที่ 2

ก่อนการชน				
รถคันที่	มวล (kg)	ความเร็วก่อนชน (m/s)	โมเมนตัมก่อนชน (kg·m/s)	ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน (kg·m/s)
1				
2				
หลังการชน				
รถคันที่	มวล (kg)	ความเร็วหลังชน (m/s)	โมเมนตัมหลังชน (kg·m/s)	ผลรวมโมเมนตัมหลังชน (kg·m/s)
1				
2				

## 3. แสดงวิธีการคำนวณผลรวมโมเมนตัมก่อนและหลังการชน

### ตอนที่ 2 การดล

1. แสดงวิธีการคำนวณการดลจากสมการ  $\vec{I} = \vec{F}\Delta t = m\vec{a}\Delta t$

รถคันที่ชน (คันที่ 1)	รถคันที่ถูกชน (คันที่ 2)

2. แสดงวิธีการคำนวณการดลจากสมการ  $\vec{I} = \Delta\vec{p} = m\vec{v} - m\vec{u}$

รถคันที่ชน (คันที่ 1)	รถคันที่ถูกชน (คันที่ 2)



## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1. ลักษณะการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคันหลังการชน

.....

.....

2. มีวิธีการเลือกช่วงเวลาของการชนอย่างไรจากข้อมูล

.....

.....

.....

3. เพราะเหตุใดผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนไม่คงตัว

.....

.....

4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถที่ชนและรถที่ถูกชนจากการคำนวณของทั้งสองสมการ

.....

.....

5. เพราะเหตุใดในการคำนวณผลรวมโมเมนตัมก่อนและหลังการชนและการคำนวณการเคลื่อนที่โดยใช้ความเร็วจึงใช้ค่าของความเร็วคนละค่า

.....

.....

.....





## ใบงาน 2 การชนในหนึ่งมิติ

**คำชี้แจง :** ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดแต่ละข้อต่อไปนี้

1. ถ้าตบลูกเทนนิสที่กำลังลอยเข้าหาตัวในแนวระดับด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ให้สะท้อนกลับไปในแนวเดิมด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที โดยลูกเทนนิสกระทบไม้เป็นเวลา 0.02 วินาที ถ้าลูกเทนนิสมีมวล 100 กรัม จงหาขนาดการดลของลูกเทนนิสและแรงเฉลี่ยที่ไม้เทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิส (1 คะแนน)

2. นักกีฬาเตะลูกบอล 200 กรัม อัดกำแพงทำให้ลูกบอลกระดอนกลับมาด้วยอัตราเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ซึ่งเท่ากับอัตราเร็วเดิม ถ้าแรงที่กำแพงกระทำต่อลูกบอลเท่ากับ 40 นิวตัน ลูกบอลกระทบกำแพงนานเท่าใด (1 คะแนน)



ภาคผนวก ง

ภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน

ภาพกิจกรรมขณะได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมทดลอง  
ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันเรื่อง โมเมนตัมและการชน



กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สื่อวิดีโอทัศน์



นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม



นักเรียนทำกิจกรรมโดยมีครูผู้สอนคอยช่วยแนะนำ



นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม



นักเรียนออกมานำเสนอผลจากการทำกิจกรรม

## ตัวอย่างผลงานนักเรียน

## 2. บันทึกข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

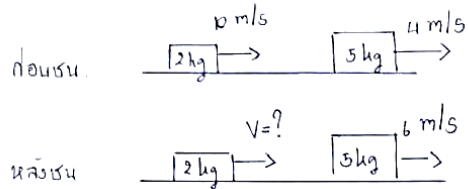
กำหนดให้ รถคันที่ชนเป็นรถคันที่ 1 และรถที่ถูกชนเป็นรถคันที่ 2

ก่อนการชน				
รถคันที่	มวล (kg)	ความเร็วก่อนชน (m/s)	โมเมนตัมก่อนชน (kg·m/s)	ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน (kg·m/s)
1	0.759	0.599	0.465 ✓	$\begin{aligned} \Sigma P &= m_1 u_1 + m_2 u_2 \\ &= 0.465 + 0 \\ &= 0.465 \quad \checkmark \end{aligned}$
2	0.932	0	0 ✓	
หลังการชน				
รถคันที่	มวล (kg)	ความเร็วหลังชน (m/s)	โมเมนตัมหลังชน (kg·m/s)	ผลรวมโมเมนตัมหลังชน (kg·m/s)
1	0.759	0.129	0.102 ✓	$\begin{aligned} \Sigma P &= m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ &= 0.357 + 0.102 \\ &= 0.459 \quad \checkmark \end{aligned}$
2	0.932	0.429	0.357 ✓	

## 3. แสดงวิธีการคำนวณผลรวมโมเมนตัมก่อนและหลังการชน

<p>ก่อนชน</p> $\begin{aligned} \Sigma P &= m_1 u_1 + m_2 u_2 \\ &= 0.465 + 0 \\ &= 0.465 \quad \checkmark \end{aligned}$	<p>หลังชน</p> $\begin{aligned} \Sigma P &= m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ &= 0.357 + 0.102 \\ &= 0.459 \quad \checkmark \end{aligned}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

15. วัตถุมวล 2 กิโลกรัมเคลื่อนที่บนโต๊ะพื้นราบเกลี้ยงด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที พุ่งเข้าชนวัตถุมวล 5 กิโลกรัมที่กำลังเคลื่อนที่ในทิศเดียวกันด้วยความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที หลังการชนพบว่า วัตถุมวล 5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที การชนทำให้สูญเสียพลังงานจลน์ไปเท่าใด



$$\Delta E_k = ? \quad E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$p \text{ ก่อน} = p \text{ หลัง}$$

$$(2)(10) + (5)(4) = (2)v + (5)(6)$$

$$v = 5 \quad \checkmark$$

$$\sum E_{k \text{ ก่อน}} = \frac{1}{2} (2)(10)^2 + \frac{1}{2} (5)(4)^2 = 140 \text{ J}$$

$$\sum E_{k \text{ หลัง}} = \frac{1}{2} (2)(5)^2 + \frac{1}{2} (5)(6)^2 = 115 \text{ J}$$

$$\Delta E_k = 25 \text{ J} \quad \checkmark$$

16. มวล 5 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปชนมวล 3 กิโลกรัมที่อยู่นิ่งบนพื้นราบลื่น หลังชนมวล 3 กิโลกรัมวิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที จงหาความเร็วของมวล 5 กิโลกรัมหลังการชน



$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$50 = 5v_1 + 36$$

$$50 - 36 = 5v_1$$

$$\frac{14}{5} = v_1$$

$$2.8 = v_1$$

$$v_1 = 2.8$$

$\therefore$  มวล 5 kg วิ่งด้วยความเร็ว  $v_1 = 2.8 \text{ m/s}$   $\checkmark$

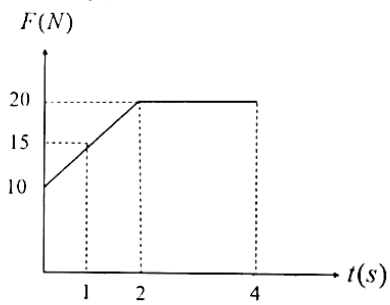
17. ช่างไม้ตอกตะปูมวล  $m$  โดยใช้ค้อนมวล  $M$  ตอกโดยขณะที่ค้อนกระทบตะปู ค้อนมีความเร็ว  $V$  และค้อนกับตะปูติดกันไป ลงไปในไม้ลึก  $L$  เมตร จงหา แรงเสียดทานของไม้

$$\begin{aligned} \cancel{E_{p\text{ตะปู}}} + (mu)_{\text{ค้อน}} &= (m_{\text{ค้อน}} + m_{\text{ตะปู}}) V^2 \\ MV &= (m+M)V \\ V &= \frac{MV}{m+M} \\ &\text{ตกลงไป 9 นิ้ว} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{งาน } W &= FS \\ FS &= \frac{1}{2} mV^2 \\ FL &= \frac{1}{2} (m+M) V^2 \\ FL &= \frac{1}{2} (m+M) \left(\frac{MV}{m+M}\right)^2 \\ F &= \frac{M^2 V^2}{2L(m+M)} \end{aligned}$$

18. กล้องบรรจุของมีมวล 4 กิโลกรัม มีแรงลัพธ์ขนาดเปลี่ยนแปลงตามเวลากระทำดังกราฟ ทำให้กล้องเคลื่อนที่ไปโดยมีความเร่งไม่คงตัว เมื่อเวลา  $t=0$  กล้องนี้มีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ในทิศทางของแรงลัพธ์ จงหา

- อัตราเร็วของกล้องเมื่อเวลา 4 วินาที  $v=?$
- ขนาดของความเร่งเมื่อเวลา 1 วินาที



บท I = พ.ท 9 อกภาพ

$$I = \frac{1}{2} (10+20)(2) + (20)(2)$$

$$I = 30 + 40 = 70 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

บท II ที่  $t=4$  วินาที

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$$

$$70 = m\vec{v} - m\vec{u}$$

$$70 = (4)v - (4)(10)$$

$$70 = 4v - 40$$

$$110 = 4v$$

$$v = 27.5 \text{ m/s}$$

บท I  $t=0 \rightarrow 1$

$$I = \text{พ.ท} = \frac{1}{2} (10+15)(1) = \frac{25}{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$I = m\vec{v} - m\vec{u}$$

$$\frac{25}{2} = (4)(v) - (4)(10)$$

$$\frac{25}{2} = 4v - 40$$

$$4v = 52.5$$

$$v = 13.125 \text{ m/s}$$

$$u = 10 \text{ m/s}$$

$$v = u + at$$

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{13.125-10}{1} = 3.125 \text{ m/s}^2$$



## งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2563



งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี ๒๕๖๓

<https://rsucon.rsu.ac.th/proceedings>

๑ พฤษภาคม ๒๕๖๓

### การสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติโดยใช้สมาร์ตโฟนในการวัด

#### The Construction and Development of the Experiment on One-Dimension Collision Set by Using Smartphone for Measurement

ชลพัชร เพชรพลอยนิล<sup>1\*</sup> เกริก สักดิ์สุภาพ<sup>2</sup> และ พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริ<sup>2</sup>

Chonpatchara Phetploynin<sup>1\*</sup> Krirk Saksuparb<sup>2</sup> and Pongkaew Udomsamuthirun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

<sup>2</sup>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of Physics, Faculty of science, Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand

<sup>2</sup>Science Department, Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration Secondary School, Bangkok, Thailand

\*Corresponding author, E-mail: pongkaew@g.swu.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเพื่อศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชน ผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน การคล รวมถึงปรากฏการณ์การชนที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย ช่วงก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชน โดยใช้สมาร์ตโฟนที่ได้รับการติดตั้งฟรีโมบายแอปพลิเคชัน SPARKVue เพื่อบันทึกข้อมูลความเร็วและเวลาในการเคลื่อนที่ของสมาร์ตโฟน ซึ่งชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติประกอบด้วยรถทดลองสองคันที่ติดตั้งสมาร์ตโฟน รางอคูมินีมโปรไฟล์ และฟองน้ำ ทำการทดลองโดยการผลักรถทดลองคันหนึ่งซึ่งติดฟองน้ำให้ไปชนกับรถทดลองอีกคันหนึ่งที่อยู่นิ่งบนราง

ผลการทดลองพบว่า ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.527 กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที และ 0.494 กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 6.26 ในส่วนของการคลของรถทดลอง A เท่ากับ -0.398 กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที และการคลของรถทดลอง B เท่ากับ 0.369 กิโลกรัม·เมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาเพียงขนาดของการคล พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน โดยขนาดของการคลมีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.07

**คำสำคัญ:** ชุดทดลองการชนในหนึ่งมิติ สมาร์ตโฟน การคล

#### Abstract

The purpose of this research was to construct and to develop the experiment on one-dimension collision set for calculating the total linear momentum before and after collision and to learn about collision phenomenon before





collision, between collision and after collision by using smartphones where a free mobile application, SPARKVue, was installed for data measurement. The experiment on one-dimension collision set comprised two experimented cars with smartphones, aluminium profile rail and sponge. An experimented car (Car A) with a piece of sponge on the left was pushed by hands to collide with another experimented car (car B) resting on the rail.

The result from the experiment shows that the total linear momentum before and after the collision values are  $0.527 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  and  $0.494 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , respectively. The discrepancy between them is 6.26%. The impulse of car A value is  $-0.398 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , and the impulse of car B value is  $0.369 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ . Considering only quantity of the impulse, it is shown that the discrepancy between the impulse of car A and car B is only 0.07%.

**Keywords:** One Dimension Collision Set, Smartphone, Impulse

## 1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีความก้าวหน้าและมีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่ถูกพัฒนาให้มีความฉลาด เทคโนโลยีเหล่านี้ล้วนอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้เป็นอย่างมาก (นิคม ดิษฐกุล และพรจิต ประทุมสุวรรณ, 2561) แต่เทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงได้มากที่สุดคือ สมาร์ทโฟน ซึ่งส่วนใหญ่ทุกคนมีสมาร์ทโฟนใช้เป็นของตนเอง (ภัทริษา อินทร์โทโล่, 2561) ข้อมูลการใช้โทรศัพท์มือถือ ประจำปี 2561 รายงานว่า คนไทยใช้โทรศัพท์มือถือถึงร้อยละ 89.6 โดยเป็นการใช้สมาร์ทโฟนร้อยละ 69.6 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) ผนวกกับการศึกษาในปัจจุบัน สมาร์ทโฟนเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นการสืบค้นข้อมูลความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา การเรียนผ่านระบบออนไลน์ เป็นต้น อีกทั้งสมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือสื่อสารที่เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์พกพาที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลัก อย่างเช่น เซนเซอร์ต่างๆ ที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟนกับแอปพลิเคชันได้ (ศิริพร น้อยอำคา, 2562) ทำให้มีแอปพลิเคชันมากมายที่ให้บริการจากระบบปฏิบัติการ ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้ทั้งที่มีค่าใช้จ่ายและไม่มีค่าใช้จ่าย (นาฎดา เรืองชาญ และคณะ, 2561) ดังเช่นงานวิจัยสาขาฟิสิกส์ที่ใช้สมาร์ทโฟนโดยอาศัยเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและเซนเซอร์วัดการเปลี่ยนแปลงของมุม เพื่อใช้ในการศึกษาโพลาริเซชันของแสงและกฎของมาลุส จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าเป็นไปตามกฎของมาลุส (อาทิตย์ หมวดคงจันทร์ และคณะ, 2561) งานวิจัยสาขาเคมีที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันตารางธาตุเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และโดยใช้แอปพลิเคชันตารางธาตุในการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของธาตุ เมื่อสัมพันธ์สัญลักษณ์ธาตุต่างๆ จะปรากฏรูปภาพแสดงถึงการนำธาตุไปใช้ประโยชน์ วิดีทัศน์แสดงแนวโน้มสมบัติของธาตุ เช่น ขนาดอะตอม มวลอะตอม รัศมีอะตอม พลังงานไอออไนเซชัน เป็นต้น ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มแข่งขันและแบบค่อบทเรียน จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (นุชจิรา แดงวันดี และคณะ, 2561) นอกจากนี้งานวิจัยสาขาชีววิทยามีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้แบบเคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยแอปพลิเคชันนี้ประกอบด้วย เนื้อหา



คำอธิบายรูปภาพ เกม แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจจากการใช้แอปพลิเคชันอยู่ในระดับดีมากที่สุด (ปีชนันท์ ปานนั่ม และคณะ, 2559) งานวิจัยเหล่านี้ล้วนนำสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งฟรี โฆษณาแอปพลิเคชันมาเป็นตัวช่วยในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สามารถช่วยพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (สาขสมร เฉลยกิตติ และคณะ, 2562) นอกจากนี้สมาร์ทโฟนยังเหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนรู้อีกด้วย (Streepey, 2013)

การทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเป็นการทดลองเพื่อศึกษาโมเมนตัม การคล การชนแบบยืดหยุ่น การชนแบบไม่ยืดหยุ่น รวมถึงกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กิจกรรมการทดลองในหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เพื่อศึกษาผลรวมของโมเมนตัมจากการชนของรถทดลองในหนึ่งมิติ ก่อนการชนและหลังการชน ทำการทดลองโดยให้วัตถุเคลื่อนที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยคิดแถบกระดาษไว้กับรถทดลอง เครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะทำเครื่องหมายบนแถบกระดาษเมื่อรถทดลองมีการเคลื่อนที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ในบางครั้งการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณในชุดทดลองเกิดการเคาะซ้ำ หรือเคาะข้ามในแต่ละจุด มีผลทำให้การกระจัดและเวลาที่วัดได้โดยเครื่องเคาะสัญญาณอาจมีความคลาดเคลื่อน (สมพร บัวประทุม, 2562) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติที่ใช้รางลม (Air Track) เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นราบ โดยใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นการทดลองการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยใช้ชุดวัดโซลินอยด์และแม่เหล็กตามลำดับระหว่างรถทดลองทั้งสองคัน เพื่อคำนวณหาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (Saphet และคณะ, 2017) โดยการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดลองที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษา ซึ่งเป็นทดลองและคำนวณความเร็วก่อนการชนและหลังการชนเท่านั้น แต่สิ่งที่ยังขาดอยู่คือ ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์และปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดในระหว่างการชนได้ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็วในระหว่างการชน แรงคล การคล เป็นต้น ดังนั้นการนำสมาร์ทโฟนเข้ามาเป็นตัวช่วยในการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติจึงเป็นตัวเลือกที่ดี เนื่องจากสมาร์ทโฟนมีเซ็นเซอร์วัดความเร็วรวมถึงมีการใช้ฟรี โฆษณาแอปพลิเคชันมาช่วยในการบันทึกข้อมูล ดังเช่นงานวิจัยที่ใช้สมาร์ทโฟนเพียงสองเครื่องในการทดลอง ซึ่งสมาร์ทโฟนดังกล่าวติดตั้งฟรี โฆษณาแอปพลิเคชัน จากงานวิจัยนี้สามารถคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนรวมถึงสามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นในระหว่างการชน (de Jesus & Sasaki, 2016)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเพื่อศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน รวมถึงปรากฏการณ์การชนที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย ช่วงก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชน โดยใช้สมาร์ทโฟนที่ได้รับการติดตั้งฟรี โฆษณาแอปพลิเคชันเพื่อบันทึกข้อมูลความเร็วและเวลาในการเคลื่อนที่ของสมาร์ทโฟน



## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติโดยใช้สมาร์ตโฟนสำหรับศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน การคล ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และทราบถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของการชน ประกอบด้วย ก่อนการชน ระหว่างการชนและหลังการชน

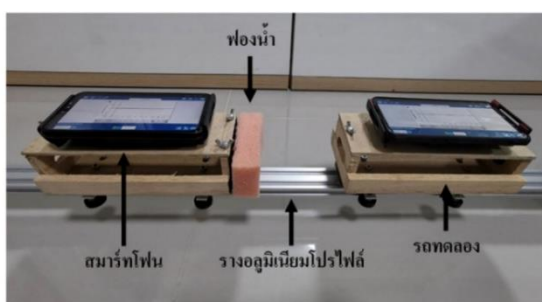
## 3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย รถทดลอง รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ และสมาร์ตโฟน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 รถทดลอง ประกอบด้วย รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ซึ่งถูกดัดแปลงเพื่อให้สามารถถือสมาร์ตโฟนได้ ติดแถบกาวอีพ็อกซีด้านหลังตัวสไลด์ทั้งสองตัว และติดฟองน้ำกับแถบกาวอีพ็อกซีเพื่อสะดวกในการใช้งาน

3.1.2 รางอลูมิเนียม 1.5 เมตร ขารางอลูมิเนียมเป็นขาตั้งสำหรับปรับความเอียงความตรงของราง และรองรับแรงสั่นเมื่อทำการทดลอง

3.1.3 สมาร์ตโฟนที่มีเซนเซอร์วัดความเร็ว ในการทดลองต้องมีการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล ในวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้สมาร์ตโฟนจำนวน 2 เครื่อง ประกอบด้วย ยี่ห้อ Huawei รุ่น P10Plus และยี่ห้อ Samsung รุ่น A9pro ในการเก็บและบันทึกข้อมูล โดยทั้ง 2 เครื่องได้ติดตั้งฟรีโมบายแอปพลิเคชัน SPARKvue รุ่น 4.0.1 ของ PASCO scientific และการคำนวณข้อมูล ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ไมโครซอฟต์สำหรับสถาบันการศึกษาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



รูปที่ 1 ชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ



3.2 วิธีการทดลอง

- 1) นำสมาร์ตโฟนวางบนรถทดลองที่มีพองน้ำ และไม่มีพองน้ำอย่างละเครื่อง โดยหน้าจอแต่ละเครื่องแสดงผลฟรี โบบายแอปพลิเคชัน SPARKvue เลือก On-board Acceleration Sensor และ Acceleration, Y จากนั้นเลือกการแสดงผลแบบกราฟเพียงอย่างเดียว
- 2) วางรถทดลองทั้ง 2 คันบนรางลูมิเนียมโปรไฟล์บนระนาบพื้นราบ
- 3) กดบันทึกข้อมูลความเร่งของสมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่อง จากนั้นผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง กำหนดให้รถทดลองที่ถูกผลักเป็นรถทดลอง A และรถทดลองที่ถูกชนเป็นรถทดลอง B
- 4) นำข้อมูลจากสมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่องที่ได้จากการทดลองมาเข้าโปรแกรม Microsoft Excel
- 5) เลือกข้อมูลเวลาและความเร่งในแนวแกน y ของรถทดลอง A และรถทดลอง B มาเพื่อคำนวณความเร็วในแนวแกน y ตามสมการ (1) (de Jesus & Sasaki, 2016)

$$v_n = v_{n-1} + (a_{n-1} + a_n - 2a_{bg}) \frac{\Delta t_n}{2} \tag{1}$$

โดยที่	$v_n$	คือ	ความเร็วของสมาร์ตโฟนวินาทีที่ n หน่วย เมตรต่อวินาที
	$v_{n-1}$	คือ	ความเร็วของสมาร์ตโฟนวินาทีที่ n-1 หน่วย เมตรต่อวินาที
	$a_n$	คือ	ความเร่งของสมาร์ตโฟนวินาทีที่ n หน่วย เมตรต่อวินาที <sup>2</sup>
	$a_{n-1}$	คือ	ความเร่งของสมาร์ตโฟนวินาทีที่ n-1 หน่วย เมตรต่อวินาที <sup>2</sup>
	$a_{bg}$	คือ	ความเร่งพื้นหลังของสมาร์ตโฟนที่อยู่นิ่ง หน่วย เมตรต่อวินาที <sup>2</sup>
	$t_n$	คือ	เวลาที่สมาร์ตโฟนเคลื่อนที่วินาทีที่ n หน่วย วินาที

6) จากข้อมูลที่คำนวณได้ เลือกช่วงก่อนการชน ระหว่างชน และหลังการชน ของรถทดลอง A และรถทดลอง B คำนวณและวิเคราะห์ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน โดยกำหนดให้ รถทดลอง A มีมวล  $m_1$  และรถทดลอง B มีมวล  $m_2$  เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเริ่มต้น  $\vec{v}_{1i}$  และ  $\vec{v}_{2i}$  ตามลำดับในทิศทางเดียวกัน จากนั้นรถทดลองทั้งสองชนกันและแยกออกจากกันด้วยความเร็วปลาย  $\vec{v}_{1f}$  และ  $\vec{v}_{2f}$  ตามลำดับ คำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน ตามสมการ (2) และ (3) ตามลำดับ (Serway, R. A., & Jewett, J. W., 2006)

$$\sum \vec{p}_{before} = m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} \tag{2}$$

$$\sum \vec{p}_{after} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} \tag{3}$$

7) คำนวณและวิเคราะห์การคลของรถที่ชนและรถที่ถูกชนจากสมการ (4) และ (5) (Serway, R. A., & Jewett, J. W., 2006) โดย  $\vec{I}$  คือ การคล หน่วย กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที

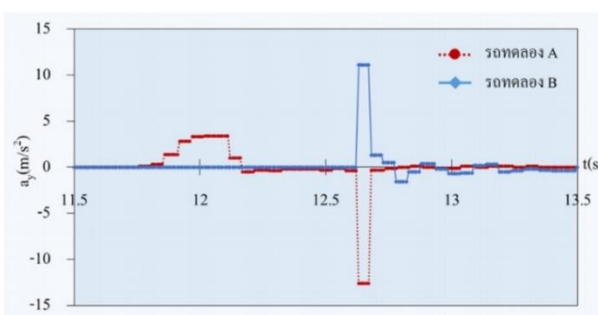
$$\vec{I} = m\vec{a}\Delta t \tag{4}$$

$$\vec{I} = m\vec{v} - m\vec{u} \tag{5}$$



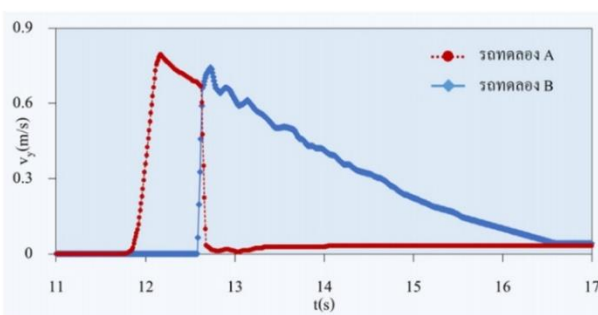
**4. ผลการวิจัย**

จากการคำนวณข้อมูลที่ได้อากการทดลอง นำมาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถทดลอง A และ B ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถที่ชน (A) และรถที่ถูกชน (B)

จากรูปที่ 2 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถทดลองทั้งสองคัน โดยพิกแรกที่มีขนาดเล็กลงด้านซ้าย คือ การคลที่เกิดจากการผลักรถทดลอง A ให้เคลื่อนที่ ในขณะที่พิกที่สองและสามที่อยู่ตรงข้ามกัน คือ พิกที่เกิดจากการชนระหว่างรถทดลองทั้งสองคัน ระยะเวลาที่เกิดการชนเริ่มตั้งแต่วินาทีที่ 12.63 ถึงวินาทีที่ 12.67 เป็นเวลาทั้งสิ้น 0.04 วินาที โดยระหว่างรถทดลองทั้งสองคันจะมีฟองน้ำติดอยู่ ฟองน้ำช่วยยืดระยะเวลาในการชนให้นานมากยิ่งขึ้นเมื่อนำข้อมูลความเร็วในแนวแกน y กับเวลามาคำนวณตามสมการ (1) สามารถพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถทดลองทั้งสองคันได้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถที่ชน (A) และรถที่ถูกชน (B)

จากรูปที่ 3 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวแกน y กับเวลา ของรถทดลองทั้งสองคัน ซึ่งรถทดลอง A อยู่นิ่งถูกผลักให้เคลื่อนที่บนราง ขณะเคลื่อนที่มีความเร็วสูงสุด เท่ากับ 0.7965 เมตรต่อวินาที จากนั้น



เคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลงเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างล้อรถทดลอง A กับราง ในระหว่างการชน ความเร็วของรถทดลอง A ลดลงอย่างรวดเร็วจากแรงกระทำของรถทดลอง B ที่อยู่นิ่งและแรงเสียดทาน ภายหลังจากชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.0345 เมตรต่อวินาที และความเร็วลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแรงเสียดทานจนกระทั่งหยุดนิ่ง ในขณะที่เดียวกัน รถทดลอง B อยู่นิ่งบนราง เมื่อรถทดลอง A เคลื่อนที่มาชน ส่งผลให้รถทดลอง B มีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีความเร็วหลังการชน เท่ากับ 0.5615 เมตรต่อวินาที และมีความเร็วสูงสุดเท่ากับ 0.7375 เมตรต่อวินาที จากนั้นรถทดลอง B มีความเร็วลดลงเนื่องจากแรงเสียดทานจนกระทั่งหยุดนิ่ง โดยมีรายละเอียดของเวลา ความเร่งในแนวแกน  $y$  และความเร็วในแนวแกน  $y$  ของรถทดลองทั้งสองคัน ทั้งสามช่วงเวลา คือ ก่อนการชน ระหว่างชน และหลังการชน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงเวลา ความเร่งในแนวแกน  $y$  และความเร็วในแนวแกน  $y$  ของรถทดลองทั้งสองคัน กำหนดให้ทิศการเคลื่อนที่ (ขวา) เป็นบวก

รถทดลอง A (ชน)			รถทดลอง B (ถูกชน)		
t (s)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	$v_y$ (m/s)	t (s)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	$v_y$ (m/s)
12.62	0	0.6680	12.62	0	0
12.63	-12.6	0.6030	12.63	11.1	0.0555
12.64	-12.6	0.4770	12.64	11.1	0.1665
12.65	-12.6	0.3510	12.65	11.1	0.2775
12.66	-12.6	0.2250	12.66	11.1	0.3885
12.67	-12.6	0.0990	12.67	11.1	0.4995
12.68	0.1	0.0345	12.68	1.3	0.5615

จากตารางที่ 1 พบว่า รถทดลอง A มีความเร็วก่อนการชน เท่ากับ 0.6680 เมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการชน เท่ากับ 0.0345 เมตรต่อวินาที และมีความเร่งในขณะที่เกิดการชน เท่ากับ 12.6 เมตรต่อวินาที<sup>2</sup> รถทดลอง B มีความเร็วก่อนการชน เท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการชน เท่ากับ 0.5615 เมตรต่อวินาที และมีความเร่งในขณะที่เกิดการชน เท่ากับ 11.1 เมตรต่อวินาที<sup>2</sup> โดยกำหนดให้ รถทดลอง A มีมวล 0.789 กิโลกรัม และรถทดลอง B มีมวล 0.832 กิโลกรัม เมื่อนำค่าต่าง ๆ มาคำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนตามสมการ (2) และ (3) จะได้ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชน เท่ากับ 0.527 กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที ผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน เท่ากับ 0.494 กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลจากตารางที่ 1 คำนวณการคล ตามสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ โดยรถทดลอง A มีค่าการคลตามสมการ (4) และ (5) เท่ากัน เท่ากับ -0.398 กิโลกรัม · เมตรต่อวินาที รถทดลอง B มีค่าการคลตามสมการ (4) และ (5) เท่ากัน เท่ากับ 0.369 กิโลกรัมเมตรต่อวินาที

## 5. การอภิปรายผล

จากการผลการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติเพื่อคำนวณและวิเคราะห์ผลรวมของของโมเมนตัมและการคล พบว่า จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนเท่ากัน แต่จากการ



คำนวณผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 6.26 สาเหตุเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง เกิดการสูญเสียพลังงานจากการชน และแรงเสียดทานระหว่างรถทดลองและราง ในส่วนของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการชนซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ ในการทดลองผู้วิจัยจึงใช้ฟองน้ำเป็นตัวช่วยในการชี้ระยะเวลาในการชนให้นานขึ้น ทำให้เซนเซอร์ของสมาร์ตโฟนสามารถบันทึกค่าความเร่งได้ โดยเวลาที่ใช้ในการชนของการทดลองนี้ คือ 0.04 วินาที ซึ่งจากการคำนวณการทดลองตามสมการ (4) และ (5) ให้ค่าการคลที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.07 สอดคล้องกับงานวิจัยของ de Jesus และ Sasaki ที่ทำการทดลองโดยใช้สมาร์ตโฟนสองเครื่องวางบนพื้นโต๊ะ ติดฟองน้ำที่สมาร์ตโฟนเครื่องหนึ่ง ทำการทดลองโดยผลึกสมาร์ตโฟนเครื่องหนึ่งให้เคลื่อนที่ไปชนสมาร์ตโฟนอีกเครื่องหนึ่งที่อยู่นิ่งบนโต๊ะ ผลการทดลองพบว่า ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำกับระบบ นั่นคือ การคลที่เกิดจากแรงเสียดทาน เมื่อชนเคชการคลที่เกิดจากแรงเสียดทานแล้ว ส่งผลให้ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 4.5 (de Jesus & Sasaki, 2016) นอกจากนี้ Vogt และ Kuhn ทำการทดลองเพื่อศึกษาการชนแบบยืดหยุ่น ทำการทดลองโดยการผลักรถลากคันหนึ่งด้วยมือไปชนรถลากอีกคันหนึ่งที่อยู่นิ่ง ซึ่งรถลากทั้งสองคันมีสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชันในการบันทึกข้อมูล และมีการติดแผ่นเหล็กสปริงไว้ด้านหลังของรถลากทั้งสองคัน ผลการทดลอง พบว่า ก่อนการชนมีความเร็วลดลงเล็กน้อยเนื่องจากความเสียดทานระหว่างรถและพื้นผิว หลังการชนรถลากคันแรกมีความเร็วลดลงจนกระทั่งเหมือนหยุดนิ่งและมีการเคลื่อนที่เล็กน้อยในทิศทางตรงข้าม รถลากคันที่สองที่อยู่นิ่งถูกคันแรกชน พลังงานจลน์เกือบทั้งหมดของรถลากคันแรกถูกถ่ายเทไปยังรถลากคันที่สองที่มีมวลเท่ากัน ทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใกล้เคียงกับความเร็วของรถลากคันแรกก่อนการชน ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัมและพลังงาน (Vogt & Kuhn, 2014)

หนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งขาดการทดลอง เรื่อง การคล ที่จะสามารถช่วยให้นักเรียนศึกษาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคลและทราบถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของการชนประกอบด้วย ก่อนการชน ระหว่างการชนและหลังการชน ซึ่งสามารถนำวิจัยนี้ไปจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้อุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวในการทดลอง ดังเช่น Streepey ทำการทดลองโดยการผลักรถลากให้เคลื่อนที่บนโต๊ะ ซึ่งระหว่างทำการทดลองไอแพดได้ติดตั้งแอปพลิเคชันในการบันทึกข้อมูล จากการทดลองจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวแกน y กับเวลา ของไอแพด เมื่อพิจารณากราฟพบว่า เกิดพิการคลสองพิคที่ตรงข้ามกันและมีขนาดเท่ากัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าว รวมถึงในการทดลองความเร็วเริ่มต้นและความเร็วปลายของไอแพดเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม สอดคล้องกับการคำนวณการคลที่กล่าวมาข้างต้นที่มีขนาดการคลเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกัน จะได้การคลสุทธิเท่ากับศูนย์ จากการทดลองนี้ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับการคลได้ รวมถึงเป็นการทดลองที่ใช้อุปกรณ์การทดลองเพียงชิ้นเดียวในการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการ



ทดลองมากยิ่งขึ้น (Streepey, 2013) นอกจากนี้การนำสมาร์ตโฟนเข้ามามีส่วนร่วมในการทดลอง ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทดลองมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ (สรวิชัย ศรีพิลา, 2557)

## 6. บทสรุป

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติโดยใช้สมาร์ตโฟนสำหรับศึกษาผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน การคล ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และทราบถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของการชน ประกอบด้วย ก่อนการชน ระหว่างการชนและหลังการชนซึ่งทำการทดลองโดยการผลักรถทดลองคันหนึ่งให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันหนึ่งซึ่งอยู่นิ่งบนรางอลูมิเนียมโปรไฟล์ โดยรถทดลองทั้งสองคันใช้สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งฟรีโมบายแอปพลิเคชันในการบันทึกข้อมูลโดยอาศัยเซนเซอร์วัดความเร็วเพื่อบันทึกข้อมูลความเร็วและเวลาในการเคลื่อนที่ของสมาร์ตโฟนบนรถทดลอง จากผลการทดลอง พบว่า ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 6.26 ค่าการคลที่เกิดจากการชนระหว่างรถทดลองทั้งสองคันมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเพียง 0.07 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ผลการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติของผู้วิจัยสอดคล้องตรงตามเนื้อหาหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ข้อเสนอแนะ ควรเพิ่มการทดลองที่หลากหลายมากขึ้นให้ครอบคลุมการชนในรูปแบบต่างๆ เช่น การชนแบบยืดหยุ่น การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เป็นต้น

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่เป็นผู้สนับสนุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

นาฎดา เรื่องชาญ, จินตนา จันทนนท์ และชนัญญาญจน์ แสงประसार. (2561). ศึกษาการใช้สมาร์ตโฟนเพื่อการศึกษาของนักศึกษา คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ. 4(2), 295-303.

นิคม ดิษฐคดี และพรจิต ประทุมสุวรรณ. (2561). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 เรื่อง นวัตกรรมงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคมที่ยั่งยืน. (หน้า 334-345). 21 กรกฎาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย.





- นุชจิรา แดงวันสี, ปรีญวรรณ สุนทรักษ์, สนธิ พลชัยชา และกานต์ตะวัน วุฒิเสลา. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*. 1(1), 61-73.
- ปิยนันท์ ปานันัน, กิตติภูมิ อึ้งเจริญทรัพย์ และนิรันดร์ชดากร กิรมย์นง. (2559). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้แบบเคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ธัญบุรี*. 6(2), 73-83.
- ภัทริยา อินทร์โทโล่. (2561). การเปรียบเทียบอาการปวดกล้ามเนื้อขณะใช้งานสมาร์ตโฟนระหว่าง 3 กลุ่มอายุ: เด็กนักเรียนประถม นักเรียนมัธยม และผู้ทำงานสำนักงาน. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*. 12(2), 328-341.
- ศิริพร น้อยอาภา. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยยึดหลัก 5W 1H. *วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 10(1), 80-91.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *คู่มือครู หนังสือรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: สกสศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). เทคโนโลยีการสื่อสารกับการเรียนรู้. *FOCUS ประเด็นจาก PISA*. (42), 1-4. แหล่งที่มา: <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2019-42/> [18 ธันวาคม 2562]
- สมพร บัวประทุม. 2562. ชุดทดลองการวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่าย ตัวตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นเอง และสมาร์ตโฟน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*. 10(2), 288-299.
- สรวิชัย ศิริพลา. (2557). ผลการใช้แท็บเล็ตในชั้นเรียนที่มีผลต่อพฤติกรรมของครูและนักเรียน: การวิจัยแบบผสมวิธี. *วารสารทางการศึกษา*. 9(4), 320-334.
- สายสมร เฉลยกิตติ, สรินทร เชื้อวโสธร และญาดา น้อยเลิศ. (2562). การพัฒนาการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมสื่อการสอนเสมือนจริงโดยใช้สมาร์ตโฟน. *รวมงานตีพิมพ์วารสาร*. 25(1), 5-15.
- อาทิตย์ หมวดคงจันทร์, ประสงค์ เกษราธิคุณ และสุวิทย์ คงกักดี. (2561). การพัฒนาชุดทดลองโพลาริเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ตโฟน. *การประชุมวิชาการระดับชาติ "วลัยลักษณ์วิจัย" ครั้งที่ 10 หัวข้อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. (หน้า 1-9). 27-28 มีนาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช ประเทศไทย.
- de Jesus, V L B., & Sasaki, D G G. (2016). Modelling of a collision between two smartphones. *PHYSICS EDUCATION*. (51), 1-7. doi: 10.1088/0031-9120/51/5/055006.
- Saphet, P., Tong-on, A., & Thepnurat, M. (2017). One dimensional two-body collisions experiment based on LabVIEW interface with Arduino. *Siam Physics Congress 2017*. (901), 1-6. doi:10.1088/1742-6596/901/1/012115.



- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2006). *PRINCIPLES OF PHYSICS*. Canada: Thomson Learning.
- Streepey, J. W. (2013). Using iPad to illustrate the impulse-momentum relationship. *THE PHYSICS TEACHER*, (51), 54-55. doi:10.1119/1.4772044.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *American Association of Physics Teachers*, (52), 118-119. doi:10.1119/1.4862122.



ผลการใช้ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Effect of Experimental Activity Package and Mobile Application on  
Achievements of Upper Secondary Students: Momentum and Collision

ชลพัชร เพชรพลอนิน<sup>1\*</sup> เกริก ศักดิ์สุภา<sup>2</sup> และ พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

<sup>2</sup>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

\*E-mail: p.prang.min@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชัน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวนทั้งสิ้น 80 คน ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องแรกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 39 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชัน และห้องที่สองเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 41 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแบบเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติ T-test ผลการวิจัย พบว่า 1) กลุ่มทดลองมี

Received: December 26, 2019

Revised: April 28, 2020

Accepted: June 15, 2020

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0.5 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0.5 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับโมบายแอปพลิเคชัน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้

**คำสำคัญ:** ชุดกิจกรรมการทดลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โมเมนตัมและการชน โมบายแอปพลิเคชัน

### Abstract

The research aimed 1) to compare the learning achievement in the topic on momentum and collision between pre-test and post-test by using experimental activity package and mobile application 2) to compare the learning achievement in the topic on momentum and collision of students who studied using experimental activity package and mobile application and students who were taught regularly. The samples used 80 tenth-grade students in science and mathematics classroom of a large secondary school in Nakhonsawan. We set to classroom in our study. Firstly, the experimental group, 39 students, were taught experimental activity package and mobile application of momentum and collision. The second classroom, the control group, consisted of 41 students who were taught regularly.

The research instrument used in this study consisted of the experimental activity package and the achievement test on the topic of momentum and collision. The statistics for the data analysis included mean, standard deviation and T-test. We found that the experimental group had higher achievement post-test score more than pre-test score which the achievement average of post-test of the experimental group showed higher scores than of the control group with level of statistical significance 0.05. This result can be concluded that the experimental activity package with mobile application can develop the learning achievement in secondary school classrooms.

**Keywords:** Experimental Activity Package, Learning Achievement, Momentum and Collision, Mobile Application

### 1. บทนำ

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีความสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ เป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยจินตนาการ การคิด ค้นคว้า และการหาเหตุผล เพื่ออธิบายลักษณะที่เป็นเหตุและผลทางกายภาพ ชนกร อรรถนาววัฒน์

[1] กล่าวว่า วิชาฟิสิกส์ถือได้ว่าเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ ไม่มีสาขาใดจะมีการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากกว่าวิชาฟิสิกส์เพราะความรู้ทางฟิสิกส์คือ เบื้องหลังเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ เป็นรากฐานความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เป็นรากฐานความรู้เชิงทฤษฎีและนำความรู้มาประยุกต์ใช้

แต่ปัจจุบันผลการทดสอบวิชาสามัญ ปีการศึกษา 2561-2562 จากสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) วิชาฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25-30 คะแนน โดยคะแนนต่ำสุด คือ 0.00 ซึ่งคะแนนเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจในวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากความรู้ด้านฟิสิกส์อธิบายในลักษณะเชิงนามธรรมเสียเป็นส่วนใหญ่ ทำให้นักเรียนต้องใช้จินตนาการให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน ประกอบกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการท่องจำเพื่อสอบมากกว่ามุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นผู้เรียนรู้ และค้นพบด้วยตนเอง [2] ดังนั้นจึงต้องมุ่งเน้นพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น

การเรียนวิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการเรียนทฤษฎี [3] เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วม ได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลอง มีการแก้ปัญหาในระหว่างกิจกรรมภายในกลุ่ม รวมถึงนักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง สามารถเชื่อมโยงในแต่ละหัวข้อ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสาระการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกิจกรรม สอดคล้องกับเรวัตินานูช [4] ทำการพัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยออกแบบชุดทดลองที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ใช้การฝึกทักษะการทดลองและจัดกระทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนความเข้าใจทฤษฎีฟิสิกส์ได้มากยิ่งขึ้น สนองกับการนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นตัวช่วยในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนอกจากจะดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้แล้ว ยังสามารถ

เข้าถึงนักเรียนได้ทุกคนอีกด้วย เนื่องจากสมาร์ตโฟนเข้ามามีบทบาทในชีวิตอย่างมาก เรียกได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต [5] ดังเช่นงานวิจัยเอกราชดาแก้ว และรัศมี ชัยสุขสันต์ [6] ได้ทำการคัดแปลงชุดศึกษาสเปกตรัมเพื่อการบันทึกด้วยสมาร์ตโฟน โดยเลือกใช้วัสดุที่มีราคาถูกมาใช้ในการคัดแปลง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาเรื่องแสงรบกวนจากภายนอกได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถมองเห็นสเปกตรัมได้ง่ายและเข้าใจความแตกต่างของสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ รวมถึงนักเรียนยังสนุกกับการถ่ายภาพสเปกตรัมด้วยสมาร์ตโฟนของนักเรียนเองเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับกลุ่มอื่นในการอภิปรายผล นอกจากการจัดเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญแล้ว การประเมินก็สำคัญด้วย เพื่อให้การประเมินการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ต้องมีการค้นคว้าและศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ทำการแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้กับตัวอย่างต่อไป

ผู้วิจัยจึงสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้โมบายแอปพลิเคชันเข้ามาเป็นตัวช่วยในการทดลองและการเรียนรู้ปรากฏการณ์การชนเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น อีกทั้งยังใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในการประเมินความรู้และความเข้าใจของนักเรียน โดยวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง

โมเมนตัมและการชน ร่วมกับ โมบายแอปพลิเคชัน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

## 2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ จังหวัด นครสวรรค์ จำนวนทั้งสิ้น 80 คน ซึ่งเป็นนักเรียนต่างห้องจำนวน 2 ห้องเรียน และเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง จำนวน 39 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับ โมบายแอปพลิเคชัน กลุ่มควบคุม จำนวน 41 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ คือจัดการเรียนรู้ตามแบบเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

### 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนร่วมกับ โมบายแอปพลิเคชัน

2.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน

### 2.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีเนื้อหา ดังนี้ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การคลและแรงคล การชนในหนึ่งมิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

## 2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.4.1 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย อุปกรณ์ทดลอง โมเมนตัมและการชน และแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ 2 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน (อุปกรณ์การทดลองโมเมนตัมและการชน) และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน (แผนการจัดการเรียนรู้) และผ่านการทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย 2 กิจกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วย รถทดลอง 2 คัน รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 1.5 เมตร และสมาร์ตโฟน 1 เครื่อง กิจกรรมนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม นักเรียนทำการทดลองโดยปล่อยรถทดลอง ซึ่งถูกติดตั้งโมบายแอปพลิเคชัน SPARKvue เพื่อบันทึกค่าความเร่งของรถทดลอง โดยให้เคลื่อนที่บนรางที่ทำมุมกับพื้นราบ จากนั้นนำความเร่งที่ได้จากโมบายแอปพลิเคชันมาคำนวณค่าโมเมนตัม และเปรียบเทียบค่าโมเมนตัมเมื่อมีการเพิ่มมวลให้กับรถทดลอง

ตอนที่ 2 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น นักเรียนทำการทดลองโดยวางรถทดลองทั้ง 2 คันบนรางในระนาบพื้นราบ ผลักรถทดลองคันแรกให้เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง โดยระหว่างรถทดลองทั้งสองคันมีแถบชดคิดและ

ฟองน้ำอยู่ สังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคัน หลังการชน เพื่อแยกประเภทของการชน

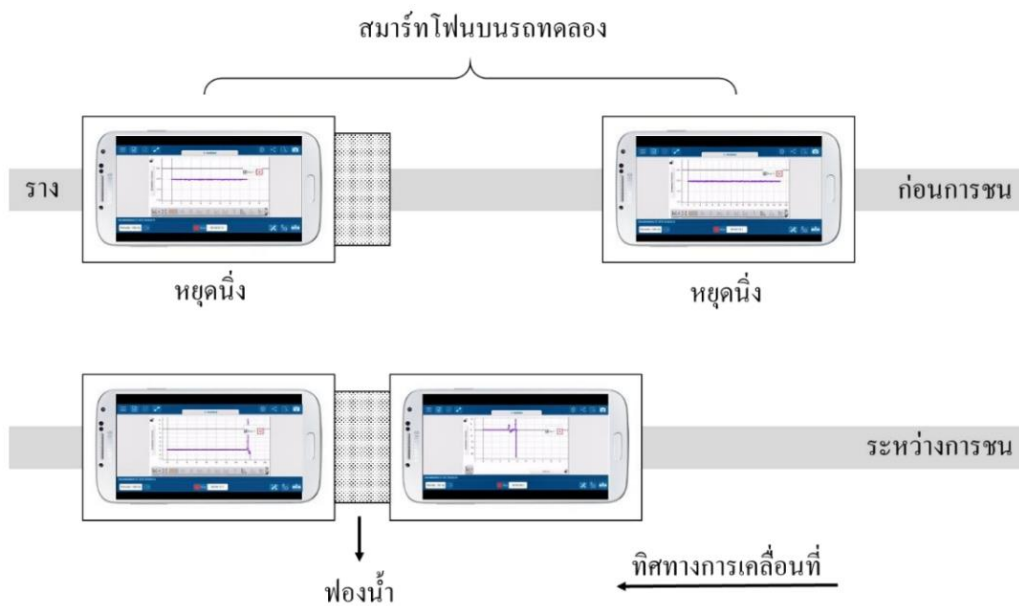
2) กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วย รถทดลอง 2 คัน รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 1.5 เมตร และสมาร์ตโฟน 2 เครื่อง กิจกรรมนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม นักเรียนทำการทดลองโดยวางรถทดลองทั้ง 2 คัน บนรางในระนาบพื้นราบ ขณะที่ระหว่างรถทั้งสอง คันมีฟองน้ำติดอยู่ กดบันทึกข้อมูลความเร็วของ สมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่องจากโมบายแอปพลิเคชัน

SPARKvue จากนั้นผลักรถทดลองคันแรกให้ เคลื่อนที่ไปชนรถทดลองอีกคันที่อยู่นิ่ง ดังรูปที่ 1 สังเกตการเคลื่อนที่ของรถทั้งสองคันหลังการชน นำข้อมูลความเร็วที่ได้มาคำนวณความเร็วของรถ ทดลองทั้งสองคันในแต่ละช่วงเวลาและพิจารณา เหตุการณ์ช่วงก่อนการชน ระหว่างการชน และหลัง การชน ดังรูปที่ 2 จากนั้นคำนวณผลรวมโมเมนตัม ก่อนและหลังการชน เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม ตามสมการ [7]

$$\sum \bar{p}_{before} = m_1 \bar{v}_{1i} + m_2 \bar{v}_{2i} \quad (1)$$

$$\sum \bar{p}_{after} = m_1 \bar{v}_{1f} + m_2 \bar{v}_{2f} \quad (2)$$



รูปที่ 1 จำลองสถานการณ์ก่อนการชนและระหว่างการชนของรถทดลองทั้งสองคัน

รถคันที่ 1			รถคันที่ 2			
t (s)	a <sub>y</sub> (m/s <sup>2</sup> )	v <sub>y</sub> (m/s)	t (s)	a <sub>y</sub> (m/s <sup>2</sup> )	v <sub>y</sub> (m/s)	
3.51	-0.3	0.7745	7.96	0.5	0	← ก่อนการชน
3.52	-10.8	0.719	7.97	10	0.0475	} ระหว่างการชน
3.53	-10.8	0.611	7.98	10	0.1425	
3.54	-10.8	0.503	7.99	10	0.2375	
3.55	-10.8	0.395	8.00	10	0.3325	
3.56	-10.8	0.287	8.01	10	0.4275	} หลังการชน
3.57	0.1	0.2335	8.02	2.2	0.4835	

รูปที่ 2 ข้อมูลความเร่งและความเร็วของรถทดลองสองคันในช่วงก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชน

ตอนที่ 2 เรื่อง การคล นักเรียนนำข้อมูลความเร่งและความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันที่วิเคราะห์และคำนวณได้จากตอนที่ 1 มาคำนวณการคลและเปรียบเทียบขนาดการคลของรถที่ชนและรถที่ถูกชน ตามสมการ [7]

$$\bar{I} = m\bar{a}\Delta t \quad (3)$$

$$\bar{I} = m\bar{v} - m\bar{u} \quad (4)$$

2.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้านตามลำดับขั้นความคิดของบลูม ประกอบด้วย ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ แบ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ การใช้คำถาม ตัวเลือก และภาษาที่ใช้ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ 2 ท่าน และผ่านการทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

## 2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.1 ทดสอบก่อนเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้องเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.5.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับกลุ่มทดลอง ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแบบเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

2.5.3 ทดสอบหลังเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้องเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

### 3.1 ผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน - หลังเรียนของนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วย



ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

การทดสอบ กลุ่มทดลอง	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	p
ก่อนเรียน	39	30	11.96	2.32	16.66	.000
หลังเรียน	39	30	21.12	3.12		

สถิติ T-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (T-test for dependent sample) และเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติ T-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (T-test for independent sample) แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

จากตารางที่ 1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผลคะแนนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมี

คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.96 และ 2.32 ตามลำดับ ผลคะแนนหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 21.12 และ 3.12 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test dependent samples มีค่าเท่ากับ 16.66 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน กับนักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มนักเรียน	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	p
กลุ่มทดลอง	39	30	21.12	3.12	8.02	.000
กลุ่มควบคุม	41	30	15.50	3.15		

จากตารางที่ 2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนน

เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 21.12 และ 3.12 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ

15.50 และ 3.15 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแบบ t-test independent samples มีค่าเท่ากับ 8.02 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 3.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้น สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยได้ ดังนี้

1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นสื่อที่จริงที่นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติการทดลอง ได้เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยตนเอง ทำให้สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติเอง ได้รับการคิดและวิเคราะห์ ถึงจะสามารถสรุป ผลการทดลอง ได้ สอดคล้องกับชุด

สาระภาค [8] กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติการทดลองและการสืบเสาะ ค้นคว้า หาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงตามหลักการ เช่นเดียวกับคณาจารย์ รัชมีมารีย์ [9] ที่พัฒนาชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน ที่เน้นให้นักเรียนเรียนด้วยชุดปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ฝึกการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีการนำสมาร์ตโฟนเข้ามามีส่วนร่วมในการทดลอง มาเป็นตัวช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทดลองและมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น สอดคล้องกับประนอม หมอกกระโทก [10] กล่าวว่า การเรียนจากชุดการทดลองเป็นการเรียนจากสื่อที่สร้างขึ้นและพัฒนาในอีกรูปแบบหนึ่ง และเป็นสื่อที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ส่งผลให้นักเรียน

มีความสนใจใฝ่รู้ อยากรู้ อยากเห็น และซักถาม รายละเอียดเกี่ยวกับชุดการทดลอง ซึ่งในกิจกรรม การทดลอง นักเรียนจะปฏิบัติตามขั้นตอน เป็นการ ปฏิบัติอย่างมีระบบมีขั้นตอน และสังเกตผลข้อมูล ได้จริง นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง จะเป็นสิ่ง ที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเรียนรู้ นอกเหนือ จากวิชาฟิสิกส์แล้ว ยังมีการนำโมบายแอปพลิเคชัน มาใช้ร่วมกับการทดลองในรายวิชาอื่น เช่น วิชาเคมี นั่นคือ เทคนิคทางฟิโตนเมตรีด้วยสมาร์ต โฟนสำหรับรายวิชาเคมีระดับปริญญาตรี เป็นการ วิเคราะห์หาปริมาณของเหล็กด้วยเทคนิคแคลอรี มิเมตรี ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายที่ ประยุกต์ใช้โมบายแอปพลิเคชัน [11] ในส่วนของ วิศวกรรมศาสตร์ มีการวัดอัตราปริมาณรังสีเอกซ์ โดยใช้สมาร์ตโฟน โดยใช้ชิมอสเป็นเซนเซอร์รับ ภาพในสมาร์ตโฟน ร่วมกับใช้โมบายแอปพลิเคชัน ในการนับจำนวนฟิสิกส์สว่าง [12] เป็นต้น รวมถึงผู้วิจัยกระตุ้นให้นักเรียนคิดว่าสมาร์ตโฟนที่ นักเรียนมี สามารถนำมาใช้ในการเรียนได้ดีและ สนุกอีกด้วย ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจในการ ร่วมกิจกรรมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในระหว่างที่ นักเรียนทำการทดลอง โมบายแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน การชน ในระหว่างการชน และหลังการชน ส่งผล ให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการ ทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ร่วมกับโมบาย แอปพลิเคชัน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ คือ จัดการ เรียนรู้ตามแบบเรียนฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัมและการ ชน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (สสวท.) ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการ ทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลัง ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาดอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาวิจัย ครั้งต่อไป คือ พัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองที่ใช้ใน การจัดการเรียนรู้ควรครอบคลุมกับเนื้อหาที่ใช้ใน หน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด ในการวัดและประเมิน ผล การจัดการเรียนรู้ควรเพิ่มประเภทของแบบ ทดสอบ นอกเหนือจากแบบทดสอบปรนัย และแบบทดสอบ อัตนัย เช่น แบบทดสอบทักษะวัดการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา เป็นต้น

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการ ผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์

และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการ  
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่เป็น  
ผู้สนับสนุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนกร อรรถนาวัฒน์. การพัฒนาความ  
สามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และ  
การทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้  
แบบแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *An Online Journal of  
Education*. 2016;11(1) : 201-18.
- [2] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี. *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม  
ฟิสิกส์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้  
วิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:  
สทศ*; 2554.
- [3] บุญเกื้อ ควรหาเวช. *นวัตกรรมการศึกษา.  
พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ภาควิชา  
เทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*; 2545.
- [4] เรวดี มาน้อย. *การพัฒนาชุดทดลอง  
กลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี  
ที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง. บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัย ราชภัฏสงขลา: มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏสงขลา*; 2556.
- [5] นภาพร หงษ์ทอง, เสกสรรค์ ทองคำบรรจง.  
การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของ  
พฤติกรรม ดัดสมาร์ตโฟนและผลกระทบ  
ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัด  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา  
เขต 6. *วารสารวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย  
สวนดุสิต*. 2562;15(3) : 16.
- [6] เอกราช ดาแก้ว, รัชมี ชัยสุขสันต์. การ  
ดัดแปลงอุปกรณ์ชุดศึกษาเปิดตำราเพื่อ  
การบันทึกด้วยสมาร์ตโฟน. *วารสาร  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย  
อุบลราชธานี*. 2561;20(3) : 90-100.
- [7] Serway RA. *Principles of physics : a  
calculus-based text*. 5th ed., international  
ed. . ed. Jewett JW, editor. Australia:  
Australia : Brooks/Cole, Cengage Learning;  
2013.
- [8] ชูจิต สาระภาค. *ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการ  
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ  
การใช้เครื่องมือ การทดลองในวิชาปฏิบัติ  
การฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏ  
เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย  
เชียงใหม่*; 2547.
- [9] คณากรณ์ รัชมีมารีย์. *การพัฒนาชุด  
ปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่องสาร  
และสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน.  
วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา  
(สาขามนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์).*  
2559;8(16) : 125-35.
- [10] ประนอม หมอกระโทก. *การพัฒนาชุด  
ทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ใน  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย: ปรินญา  
นิพนธ์ (กศ.ม. (วิทยาศาสตร์การศึกษา))  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 2545.
- [11] สุริดา ประดับ, ทัดดาว เทพพิศย์, และวีร  
มลล์ ไวลิจิต. *เทคนิคทางโฟโตเมตรีด้วย  
สมาร์ตโฟนสำหรับรายวิชาเคมีระดับ*

- ปริญญาตรี *Journal of Education Naresuan University*. 2018;20(2) : 233-40.
- [12] เหนือตะวัน ชำรงสิริภักษ์. การวัดอัตรา ปริมาณรังสีเอกซ์โดยใช้สมาร์ทโฟน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรม ศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2558.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชลพัชร เพชรพลอยนิล
วัน เดือน ปี เกิด	9 เมษายน 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2552 ระดับมัธยมศึกษา จาก โรงเรียนนครสวรรค์ พ.ศ.2557 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2562 การศึกษามหาบัณฑิต (ฟิสิกส์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	31/57 หมู่ 10 ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ 60000
ผลงานตีพิมพ์	การสร้างและพัฒนาชุดการทดลองการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ โดยใช้สมาร์ทโฟนในการวัด (The Construction and Development of Experimental on One-Dimension Collision Set by Using Smartphone for Measurement) ผลการใช้ชุดกิจกรรมการทดลองและโมบายแอปพลิเคชันที่มีต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนปลาย (Effect of Experimental Activity Package and Mobile Application on Achievements of Upper Secondary Students: Momentum and Collision)