การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปริญญานิพนธ์

ของ

นพพร เสนีย์คุปต์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

มีนาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

531.60712
พ117ก
ฉ.2

การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทคัดย่อ

ของ

นพพร เสนีย์คุปต์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
มีนาคม 2547

ฉ.2

นพพร เสนีย์คุปต์. (2547). *การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :
อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน.

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้มีประสิทธิภาพด้านการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

การสร้างและพัฒนาชุดทดลองกระทำโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณา การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80

การทดลองสอนใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาในการสอน 16 คาบ คาบละ 50 นาที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และมีคุณภาพอยู่ในระดับดี
2. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 89.47/82.67
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

DEVELOPMENT OF SCIENCE EXPERIMENT SETS ON MOMENTUM AND COLLISION IN ONE DIMENSION FOR SECONDARY STUDENTS

AN ABSTRACT

BY

NOPPORN SANEEKUP

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

March 2004

Nopporn Saneekup. (2004). *Development of Science Experiment Sets on Momentum and Collision in One Dimension for Secondary Students*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakrarinwirot University. Advisor Committee : Dr. Sompratana Wongbunnuk, Dr. Sanong Thongpan.

The objectives of this study were to construct and develop experimental kit sets on ' Momentum and Collision in One Dimension' to meet the 80/80 education efficiency and secondly, to investigate academic achievement and attitude towards the experiment sets earned by students.

The construction and development of the experiment sets was achieved through five experts' determination , along with computation of the 80/80 efficiency index.

Instructional experimentation of 12 fifty – minute periods was conducted employing fifteen MS V students of the Yothinburana Phetchaburi School in Phetchaburi province, as its sample.

The findings were as follows :

1. the developed sets functioned efficiently and scientifically in leu of the "good" level of quality,
2. the developed sets demonstrated educational efficiency of 89.47/82.67,
3. student' s post – test achievement was significantly higher than their pre – test,
4. student' s post – test attitude towards the kits was significantly higher than their pre – test.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ
นายนพพร เสนีย์คุปต์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาภรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 17 เดือน มีนาคม พ.ศ.2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

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

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ ฉลูกัลป์)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้
ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจากทบวงมหาวิทยาลัย

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ ซึ่งรับเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษาในช่วงแรกตลอดจนถึงวาระที่ถึงแก่กรรม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่งานวิจัยนี้เกือบเสร็จสมบูรณ์ และ อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน กรรมการที่ปรึกษา ที่อุทิศเวลาอันมีค่า กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ ฉลูกัลป์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพ็ชรมีศรี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร อาจารย์ประสิทธิ์ มากมูล อาจารย์นิติพงษ์ ยาวไธสง ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณสยาม หาบ้านแท่น ที่ช่วยในการดำเนินการสร้างชุดทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว "เสนีย์คุปต์" ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำการวิจัย ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตรศึกษา รุ่นที่ 15-17 ทุกคนที่ได้ให้กำลังในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ ผู้ล่วงลับเป็นกรณีพิเศษและขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา รวมทั้งครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นพพร เสนีย์คุปต์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ	4
	ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	4
	ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	สมมติฐานการวิจัย	7
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	เอกสารที่เกี่ยวกับโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	10
	พลังงาน	10
	ความหมายของโมเมนตัม	10
	การดลและโมเมนตัม	10
	การชนกันของวัตถุ	11
	การชนแบบยืดหยุ่น	12
	การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	12
	กฎการคงตัวของโมเมนตัม	12
	กฎการอนุรักษ์พลังงาน	14
	การดีด	14
	เอกสารเกี่ยวกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542	15
	เอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน	17
	ความหมายของสื่อการเรียนสอน	17
	ประเภทของสื่อการเรียนสอน	17
	หลักการสร้างสื่อการเรียนการสอน	17
	ประโยชน์ของสื่อการเรียนสอน	18
	ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี	19
	คุณค่าของสื่อการเรียนการสอน	19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)	เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	20
	ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	20
	การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	22
	เอกสารที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	22
	ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	22
	ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	23
	เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	27
	ความหมายของเจตคติ	27
	ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	28
	องค์ประกอบของเจตคติ	29
	แนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	29
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
	งานวิจัยในประเทศ	30
	งานวิจัยต่างประเทศ	31
3	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	34
	ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ	
	ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	35
	ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80	36
	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้	37
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	39
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	40
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	40
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45
	ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ	45
	ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	49
	ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80	50
	ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง	51
	ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	52

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	53
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	53
	สมมติฐานการวิจัย	53
	วิธีการดำเนินการวิจัย	53
	การวิเคราะห์ข้อมูล	54
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	55
	อภิปรายผล	55
	ข้อเสนอแนะ	58
	บรรณานุกรม	60
	ภาคผนวก	65
	ภาคผนวก ก	66
	รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย	67
	สำเนาหนังสือของความอนุเคราะห์	68
	ภาคผนวก ข	73
	แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องของระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	74
	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	76
	แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	77
	แบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครูและนักเรียน	81
	แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	84
	แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	90
	ภาคผนวก ค	92
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	93
	แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	100
	ภาคผนวก ง	104
	ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญ	105
	ผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู และนักเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ	107
	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ	109
	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ	112

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก (ต่อ)

แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ 114

ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง จำนวน 9 คน 115

ภาคผนวก จ 116

ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 117

ภาคผนวก ฉ 119

ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองระหว่างเรียน .. 120

ตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 121

ตารางแสดงคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน 122

ภาคผนวก ช 123

แสดงการคำนวณโมเมนตัมรวมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ 124

ภาคผนวก ซ 126

ตัวอย่างคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน 127

ตัวอย่างคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู 195

ภาคผนวก ฌ 218

ภาพประกอบการวิจัย 219

ประวัติย่อผู้วิจัย 221

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1	46
2	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 2	46
3	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลต่างกัน ชนแบบที่ 1	47
4	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลต่างกัน ชนแบบที่ 2	47
5	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1	48
6	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	49
7	แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	49
8	แสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบท้ายกิจกรรมการทดลองระหว่างเรียน	50
9	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองและแบบทดสอบหลังเรียน	51
10	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน	51
11	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียน และหลังเรียน	52
12	ตารางประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การทดลองกับเนื้อหาการทดลอง	75
13	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	76
14	ตารางประเมินชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	79
15	ตารางประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	83
16	ตารางประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	87
17	ตารางประเมินแบบทดสอบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	90
18	แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยนักเรียนที่เรียนโดยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	102
19	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	105
20	แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ	107
21	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ	109
22	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ	112

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
23	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ	114
24	สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) จากการทดลองใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	115
25	แสดงความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	117
26	แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียน	120
27	แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	121
28	แสดงคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน	122

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

สังคมไทยในปัจจุบันกำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์ต่าง ๆ รอบด้าน อันเนื่องมาจากการรีบเร่งเปลี่ยนแปลง และพัฒนาอย่างรวดเร็วให้ทันกระแสของโลกยุคโลกาภิวัฒน์ สภาพการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นวิกฤตทางเศรษฐกิจ การเมือง ความเสื่อมโทรมของสังคม ความหย่อนยานทางศีลธรรมและจริยธรรม รวมทั้งความพ่ายแพ้ในการแข่งขันคุณภาพและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ในระดับสากล ล้วนบ่งชี้อย่างชัดเจนถึงความล้มเหลวของการพัฒนา และความไม่พร้อมของปัจจัยต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพของ "คน" อันเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สุดของสังคมและเมื่อพิจารณาสภาพการจัดการศึกษาในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าคุณภาพการดำเนินการด้านต่าง ๆ ยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ การจัดการเรียนการสอนยังไม่ได้เน้นผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิด วิเคราะห์ หรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ครูส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการบรรยายให้ความรู้กับผู้เรียน ผู้เรียนเคยชินกับการรับความรู้ ทำตามครู เชื่อฟัง ไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็น กระบวนการเรียนรู้เป็นเรื่องที่น่าเบื่อและเต็มไปด้วยความทุกข์ นอกจากนี้กระบวนการสอบคัดเลือกมุ่งเน้นเฉพาะด้านผลสัมฤทธิ์ ดังนั้นการปฏิรูปการเรียนรู้จะช่วยพัฒนาคุณภาพและศักยภาพของคนไทยให้เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะ คุณธรรมและจริยธรรม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ จะทำให้การศึกษาเป็นกระบวนการพัฒนาที่สอดคล้องกับโลกยุคโลกาภิวัฒน์ สร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนและสังคม สร้างความตระหนักและจิตสำนึกร่วมกันในการแก้ปัญหาและพัฒนาสังคม โดยการพัฒนาจะเป็นไปอย่างสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ครู ผู้ปกครอง ชุมชน และสังคม นอกจากนี้การปฏิรูปการเรียนรู้ ยังเป็นการดำเนินการที่เป็นไปตามกฎหมายการศึกษาของประเทศที่มุ่งปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการจัดการศึกษาของประเทศให้สอดคล้องกับสภาพความต้องการของสังคม (วัฒนาพร ระงับทุกข์. 2545 : 1 – 2)

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 ได้กำหนดสาระเกี่ยวกับการจัดการศึกษาไว้ในมาตรา 43 และมาตรา 81 ว่าบุคลย่อมมีสิทธิเสมอกันในการรับการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่น้อยกว่า 12 ปี และรัฐต้องจัดการศึกษาให้เกิดความรู้คู่คุณธรรม จัดให้มีกฎหมายเกี่ยวกับการศึกษาของชาติ สาระดังกล่าวนำมาสู่การจัดทำพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 สิงหาคม 2542 เพื่อแก้ไขสภาพการณ์ที่เป็นปัญหาและเร่งพัฒนาการจัดการศึกษาของประเทศชาติให้สนองตอบความต้องการของคน สังคมและประเทศชาติ ซึ่งได้บัญญัติสาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการศึกษาไว้ทั้งสิ้น 9 หมวด หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา เป็นหมวดที่ว่าด้วยการปฏิรูปการเรียนรู้ ซึ่งเป็นเสมือนหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา สาระของหมวดนี้ครอบคลุมหลักการ สาระ และกระบวนการจัดการศึกษาที่เปิดกว้างให้แนวทางการมีส่วนร่วมสร้างสรรค์วิสัยทัศน์ใหม่ทางการเรียนการสอนทั้งในและนอกระบบโรงเรียน สาระเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหมวดนี้เริ่มตั้งแต่ มาตรา 22 ถึง มาตรา 30

แนวการจัดการเรียนรู้ จึงมีลักษณะเป็นกระบวนการทางปัญญาที่พัฒนาบุคคลอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต สามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความสุข บูรณาการเนื้อหาสาระตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความรู้เกี่ยวกับตนเองและความสัมพันธ์ของตนเองกับสังคม สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ทันสมัย เน้นกระบวนการคิด และการปฏิบัติจริง ได้เรียนรู้ตามสภาพจริง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างไกล เป็นกระบวนการที่มีทางเลือกและมี

แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย น่าสนใจ เป็นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีผู้เรียน ครู และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายร่วมจัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้และมุ่งประโยชน์ของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถตอบสนองจุดเน้นและสอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนรู้ "ผู้เรียนสำคัญที่สุด" ได้เป็นส่วนมาก และสำหรับกระบวนการเรียนรู้ที่จะให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์อย่างมีจุดมุ่งหมาย โดยผลที่เกิดขึ้นคือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เกิดคุณสมบัติทางความรู้ ความคิด ทักษะความสามารถทางการปฏิบัติลักษณะทางด้านจิตพิสัยต่าง ๆ เช่น เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม ความสนใจ ความพอใจ พฤติกรรมเหล่านี้ต้องอาศัยทักษะการค้นคว้า การแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญที่จะนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อนำไปสู่การมีความรู้ ความสามารถ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการจัดการเรียนรู้แบบทดลอง เพื่อให้การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์บรรลุวัตถุประสงค์ในการสอนจึงใช้กิจกรรมการปฏิบัติการทดลองเป็นลู่ทางให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์จากการลงมือกระทำการทดลองโดยเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับเนื้อหาในบทเรียนนั้น ๆ เป็นสำคัญ (ก่อ สวัสดิพาณิชย์. 2535 : 63) อย่างไรก็ตามการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนส่วนใหญ่ของประเทศไทยยังไม่บรรลุผลเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านทักษะการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์การทดลอง บางการทดลองมีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอแก่ความต้องการของผู้เรียน (หน่วยศึกษานิเทศก์. 2535 : 3) อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลองในบางเนื้อหาหรืออุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้อยู่อาจไม่เหมาะสมกับเนื้อหาเพียงพอ เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่มีราคาแพง ทางโรงเรียนไม่สามารถจัดหามาใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอนได้ โดยเฉพาะโรงเรียนมัธยมที่มีขนาดกลางและขนาดเล็ก (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2526 : 19-20)

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่ต้องอาศัยความเป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับความเป็นจริง และปรากฏการณ์ธรรมชาติทั้งหลายโดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ด้านฟิสิกส์ถือเป็นพื้นฐานหนึ่งในการพัฒนาประเทศให้เจริญและนำไปสู่การพัฒนาด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) กำหนดให้วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาบังคับและวิชาเลือกเสรี เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงของนักเรียน แต่ที่ผ่านมาผลการประเมินคุณภาพทางการศึกษาของกรมวิชาการ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2540 พบว่ารายวิชาฟิสิกส์มีผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 28.12 และมีคะแนนเฉลี่ยในเกณฑ์ต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 70 (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 14) สาเหตุที่ทำให้นักเรียนประสบความล้มเหลวเพราะในการเรียนการสอนครูเน้นผลสุดท้าย คือ การนำไปใช้แก้ปัญหาโจทย์แบบฝึกหัด ครูส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีการสอนเน้นเฉพาะการคำนวณและท่องจำ โดยไม่มีการสอนความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนความคิดรอบยอด (สมนึก บุญพาไสว. 2534 : 19) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในส่วนของเนื้อหาพบว่า ยังคงเป็นการนำเสนอเนื้อหาที่ยึดการทดลองเป็นหลักในการสอนแต่ครูผู้สอนส่วนมากละเลยไม่เห็นคุณค่าของการทดลองในส่วนดังกล่าวนี้ จึงเป็นปัญหาของนักเรียนเกี่ยวกับการอธิบายขั้นตอนการทดลอง (สนอง ทองปาน. 2537 : 2)

วิธีการที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง อันเนื่องเนื่องจากนักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจ หลักการพื้นฐานตลอดจนความคิดรวบยอด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก็คือการสร้างและพัฒนาอุปกรณ์มาทดแทน การได้มาซึ่งอุปกรณ์ทดแทนนอกจากจะช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอในการเรียนการสอนแล้วยังช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจบทเรียน ตลอดจนมองเห็นคุณค่าวัสดุในท้องถิ่นอีกด้วย (Sharma. 1982 : 262-263) นอกจากนี้การที่ครูได้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้น จะช่วยประหยัดงบประมาณการจัดซื้ออุปกรณ์ลงได้มาก อีกทั้งจะได้

อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อมา เพราะครูเป็นผู้ออกแบบสร้างอุปกรณ์เองย่อมทราบว่าตนเองต้องการใช้ในเรื่องใดอย่างไร จึงสามารถออกแบบอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวิธีสอนของตนเองได้ดีที่สุด (ธงชัย ชิวปรีชา. 2526 : 209)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้วิจัยได้พิจารณาจากสภาพปัญหาการเรียนการสอน ซึ่งเรื่องโมเมนตัมและการชนเป็นเรื่องที่ไม่สามารถจัดสถานการณ์จริงได้ จึงต้องมีการประยุกต์โดยการสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อศึกษาเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในห้องปฏิบัติการ และชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่เป็นชุดทดลองของเดิมยังมีข้อจำกัดหลายเรื่องที่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษาค้นคว้า ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่อง โมเมนตัมและการชนได้ยาก ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ เช่น ตัวชุดทดลองไม่สามารถวัดความเร็วของวัตถุทั้งก่อนชนและหลังชนได้อย่างละเอียด อีกทั้งมีความคลาดเคลื่อนอีกหลายประการที่เป็นปัจจัยทำให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุกับผิวสัมผัสในการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ทิศทางในการชนของวัตถุยังไม่สามารถควบคุมให้ผ่านศูนย์กลางมวลได้ ทำให้เกิดมุมในการชน เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณจึงเกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้สร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ขึ้นเพื่อพัฒนาชุดทดลองและปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้ชุดทดลองของเดิมและให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อความรู้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งคู่มือการใช้ชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นที่มีมวลเท่ากันและไม่เท่ากัน หาค่าความเร็วของวัตถุทั้งก่อนชนและหลังชน เพื่อพิสูจน์กฎการคงตัวโมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน ผู้วิจัยมีความมุ่งหวังว่าชุดทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และมีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น รวมทั้งเกิดเจตคติต่อชุดการทดลองที่สูง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้ได้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ
4. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

ความสำคัญของการวิจัย

1. การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ได้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้ในการสอนเสริมบทเรียนและพัฒนาการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

2. ทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอน แต่ละตอนมีขอบเขต ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

ผู้วิจัยออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นชุดต้นแบบจำนวน 1 ชุด พร้อมคู่มือการใช้ชุดทดลอง ดังนี้

1. ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ สามารถใช้ทดลองและศึกษาโมเมนตัมและการชนทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น ใน 1 มิติ ให้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองจากคู่มือการใช้ชุดทดลองที่กำหนดให้

2. คู่มือการใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้สอน ซึ่งแสดงรายละเอียดและส่วนประกอบของชุดทดลอง รวมทั้งหลักการทำงานของชุดทดลอง

3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นได้รับการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ให้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยผู้วิจัยทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นและทำการทดลองเรื่องการชนใน 1 มิติ ทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น โดยทำการทดลองซ้ำ การทดลองละ 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานทุกครั้ง จะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหา เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 ท่าน นักวิทยาศาสตรศึกษา ด้านฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง มีการดำเนินการดังนี้

1. แหล่งข้อมูลที่ทดลอง

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 15 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ

การเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

2.2 ตัวแปรตาม

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้พื้นฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การชนใน 1 มิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมการทดลอง จำนวน 2 กิจกรรม 8 การทดลอง ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น แบบที่ 1

การทดลองที่ 2 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น แบบที่ 2

การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นกรณีมวลเท่ากัน

การทดลองที่ 4 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นกรณีมวลไม่เท่ากัน

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

การทดลองที่ 5 ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นแบบที่ 1

การทดลองที่ 6 ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นแบบที่ 2

การทดลองที่ 7 ศึกษากฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น แบบที่ 1

การทดลองที่ 8 ศึกษากฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น แบบที่ 2

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ กระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 4 สัปดาห์ ๆ ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที จัดเวลาเรียนเป็น 2 วันต่อสัปดาห์ วันละ 2 คาบต่อเนื่อง รวมทั้งสิ้น 16 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ ให้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน และเป็นอุปกรณ์สำหรับการทดลองประกอบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้พื้นฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบ 1 มิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งชุดทดลองดังกล่าวมีส่วนประกอบอยู่ 4 ส่วน คือ 1) รางลม 2) เครื่องเป่าลม 3) รถทดลอง และ 4) เครื่องจับเวลาความเร็วของวัตถุ

2. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ หมายถึง ความสามารถในการใช้ทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งพิจารณาผลการทดลองเบื้องต้นจากชุดทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลอง จำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้ง การทดลองต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากชุดทดลองเทียบกับการคำนวณจากทฤษฎีมีค่าไม่เกิน ±5 เปอร์เซ็นต์ จะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

3. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนที่ช่วยแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลอง เพื่อสะดวกในการฝึกปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย ใบความรู้ ชื่อกิจกรรมการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การหาผลสรุป และคำถามท้ายการทดลอง

4. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้สอน หมายถึง เอกสารประกอบการสอนที่มีรายละเอียดและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง สรุปผลการทดลอง แนวคิดในการตอบคำถาม และความรู้เพิ่มเติม

5. การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง หมายถึง การพิจารณาจากลักษณะ 4 ด้าน คือ 1) ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป 2) ด้านการใช้งาน 3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และ 4) ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ลักษณะแบบประเมินเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิอร์ท กำหนดให้มีระดับการประมาณค่า ดีมาก ดี ปานกลาง พอใจ และควรปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5 , 4 , 3 , 2 และ 1 ตามลำดับ แบบประเมินนี้สร้างขึ้นจากแนวคิดของการสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ดี

6. ประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง หมายถึง คะแนนที่ได้จากการสอบของนักเรียนทุกคน ที่ตอบคำถามท้ายการทดลองเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์ 80/80

เกณฑ์ 80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียน โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม ที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80

เกณฑ์ 80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบครบทุกกิจกรรมการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม ที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การชนใน 1 มิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการนำไปใช้ และ 4) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

8. เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่แสดงออกทางใดทางหนึ่งต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยพิจารณาความรู้สึกนึกคิด การแสดงออก และการเห็นประโยชน์ของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในการวิจัยครั้งนี้วัดด้วยแบบสอบถามวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบวิธีของ ลิเคิร์ต (Likert Scale) จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เป็นข้อความเชิงนิมานและเชิงนิเสธ

สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

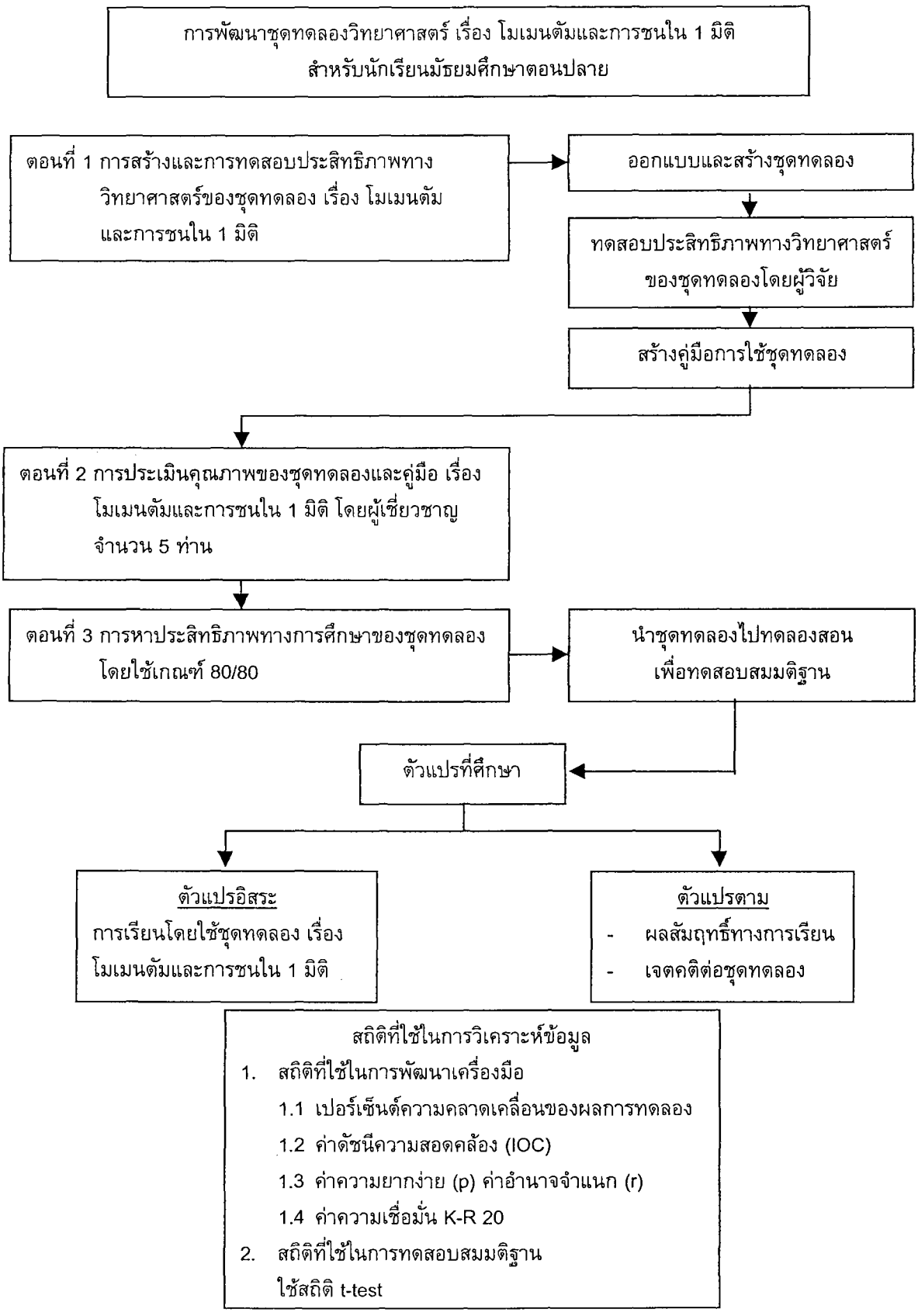
1. ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5 เปอร์เซ็นต์

2. ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางการศึกษา ได้ผลตามเกณฑ์ 80/80

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สูงกว่าก่อนเรียน

4. ผู้เรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
    - 1.1 พลังงาน
    - 1.2 ความหมายของโมเมนตัม
    - 1.3 การดลและโมเมนตัม
    - 1.4 การชนกันของวัตถุ
        - 1.4.1 การชนแบบยืดหยุ่น
        - 1.4.2 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
    - 1.5 กฎการคงตัวของโมเมนตัม
    - 1.6 กฎการอนุรักษ์พลังงาน
    - 1.7 การดีด
2. เอกสารที่เกี่ยวกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542
3. เอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน
    - 3.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน
    - 3.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน
    - 3.3 หลักการสร้างสื่อการเรียนการสอน
    - 3.4 ประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอน
    - 3.5 ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี
    - 3.6 คุณค่าของสื่อการสอน
4. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
5. เอกสารที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    - 5.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    - 5.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
    - 6.1 ความหมายของเจตคติ
    - 6.2 ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
    - 6.3 องค์ประกอบของเจตคติ
    - 6.4 แนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารที่เกี่ยวกับโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1.1 พลังงาน

พลังงานของระบบหนึ่งระบบใดจะมีค่าคงที่ เรียกว่า กฎการคงตัวของพลังงาน เพื่อให้เข้าใจ สมมติให้มวล 2 อัน เคลื่อนที่เข้าชนกัน ถ้าเป็นการชนแบบยืนหยุ่น พลังงานสุดท้ายหลังชนจะเท่ากับพลังงานก่อนชน คือพลังงานไม่ได้หายไปไหนยังคงเดิม

แต่ถ้ามวลทั้งสองเกิดเปลี่ยนรูปร่างขณะชน ตัวอย่างเช่น ปาหมากฝรั่งไปติดกำแพง ยิงลูกปืนฝังเข้าไปในเป้า ฯลฯ มวลที่เข้าชนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น พลังงานสูญเสียไปทางอื่นที่ไม่ใช่การเคลื่อนที่ การชนในลักษณะนี้เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กฎการคงตัวใช้ไม่ได้กับกรณีนี้ ถึงกระนั้นก็ตาม ถ้าระบบขยายขอบเขตออกไป ไม่คำนึงถึงแต่การเคลื่อนที่เพียงประการเดียว พลังงานก่อนชนจะเท่ากับพลังงานหลังชนบวกด้วยพลังงานที่สูญเสียไป ฉะนั้นพลังงานรวมทั้งในและนอกระบบก็ยังคงที่

1.2 ความหมายของโมเมนตัม

คำว่า "โมเมนตัม" หรือ "มวลคูณความเร็ว" อาจจะให้ความหมายอย่างเป็นทางการของสิ่งที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้ พิจารณาตามนี้จะกล่าวได้ว่า โมเมนตัมเป็นปริมาณที่ขึ้นกับมวลและความเร็ว สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\vec{P} = m\vec{v} \qquad \text{---------- (1)}$$

กรณีที่ความเร็วของวัตถุใด ๆ คงที่ (ไม่เป็นศูนย์) โมเมนตัมจะขึ้นกับมวลของวัตถุ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมมากถ้ามวลมาก และมีค่าน้อยถ้ามวลน้อย เช่น รถบรรทุกกับรถจักรยานถ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน (ขนาดและทิศทางเดียวกัน) โมเมนตัมของรถบรรทุกจะมากกว่ารถจักรยาน

สำหรับวัตถุก้อนหนึ่งหรือวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ถ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะมีโมเมนตัมมากกว่าขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

โมเมนตัมจึงเป็นสิ่งที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เป็นอีกปริมาณหนึ่งนอกเหนือไปจากพลังงานจลน์ ซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เช่นกัน

1.3 การดลและโมเมนตัม

พิจารณาอนุภาคมวล m กำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง มีแรง F คงที่ กระทำกับอนุภาคในแนวการเคลื่อนที่ V_0 คือ ความเร็วเริ่มต้น

ดังนั้น ความเร็ว ณ เวลาใด ๆ

$$v = v_0 + at$$

และจากกฎข้อ 2 ของนิวตัน $\vec{a} = \frac{F}{m}$ แทนค่า a ในสมการของความเร็ว ดังนั้นจะได้

$$v = v_0 + \frac{F}{m}t$$

จัดรูปใหม่ $mv - mv_0 = Ft$ ---------- (2)

สมการขวาเป็นผลคูณของแรงกับเวลา มีชื่อเรียกว่า **การดล** และแรงที่ทำให้เกิดการดลเรียกว่า "**แรงดล**"

แรงดลขนาดคงที่ F กระทำกับมวลในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 จะได้

$$\text{การดล} = \vec{F}(t_2 - t_1) \qquad \text{---------- (3)}$$

แปลความหมายสมการ (2) ได้ว่า การดล คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ให้ v_1 เป็นความเร็วของอนุภาค ที่ $t = t_1$ และ v_2 คือความเร็ว $t = t_2$ ดังนั้น

$$F(t_2 - t_1) = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 \qquad \text{---------- (4)}$$

โมเมนตัมขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของอนุภาค ส่วนการดลเกี่ยวกับแรงที่กระทำในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้น สมการ (4) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ จากกฎข้อที่สองของนิวตัน

$$F = m\vec{a} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1)}{dt}$$

การดลและโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนอยู่ในรูปของเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\text{การดล} = \vec{F}(t_2 - t_1) \qquad \text{---------- (5)}$$

$$\text{โมเมนตัม} = \vec{P} = m\vec{v} \qquad \text{---------- (6)}$$

เขียนสมการ (4) ใหม่ในรูปของเวกเตอร์

$$\vec{F}(t_2 - t_1) = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 \qquad \text{---------- (7)}$$

การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเชิงเส้น มีลักษณะคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของงานพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ แต่มีความแตกต่างอยู่ อย่างแรก การดล เป็นผลคูณของแรงกับเวลา ขณะที่งานคือผลคูณของแรงกับระยะทางตามแนวแรง อย่างที่สอง การดลและโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ แต่งานและพลังงานจลน์เป็นปริมาณสเกลาร์

1.4 การชนกันของวัตถุ

การชนกันของวัตถุนั้น ในทางฟิสิกส์ หมายถึง การที่วัตถุ 2 ก้อนมีการออกแรงกระทำต่อกันและกัน โดยอาจไม่จำเป็นว่าผิวของวัตถุทั้งสองจะต้องสัมผัสกันแต่อย่างไร เช่น ในกรณีที่เราผลักแท่งแม่เหล็กเข้าหากัน แท่งแม่เหล็กจะออกแรงกระทำต่อกันโดยผิวไม่ต้องสัมผัสกัน แบบนี้เราก็จัดว่าเป็นการชนกันแล้ว และจากการที่ในการชนกัน วัตถุมีการออกแรงกระทำต่อกันนี้ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน แสดงว่าวัตถุทั้งสองนั้นจะต้องออกแรงกระทำต่อกันด้วยขนาดแรงที่เท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $F_1 = -F_2$ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณการดลของวัตถุแต่ละก้อนเมื่อเกิดการชนกัน ก็จะได้ว่าปริมาณการดลของวัตถุทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม $F_1t = -F_2t$ ซึ่งจะมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนมีค่าเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม

เนื่องจากในการชนกันของวัตถุจะมีการเปลี่ยนความเร็ว ดังนั้นจะมีปริมาณหนึ่งที่จะเกี่ยวข้องกับการชน ก็คือ พลังงานจลน์ของวัตถุ กล่าวคือในการชนกันของวัตถุจะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจลน์ระหว่างวัตถุที่ชนกันขึ้น ดังนั้นการชนจึงอาศัยหลักการถ่ายเทพลังงานเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของการชน ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

1.4.1 การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

เป็นการชนกันของวัตถุที่ไม่เกิดการสูญเสียพลังงานในการชน กล่าวคือ ผลรวมของพลังงานจลน์ของวัตถุทั้งสองก่อนชนและหลังชนแล้ว ยังคงมีค่าคงเดิม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงที่ ระบบไม่มีการสูญเสียพลังงานในการชน เราเรียกการชนแบบนี้ว่า เป็นการชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) ซึ่งการชนแบบนี้หลังชนแล้ววัตถุแต่ละก้อนจะต้องแยกจากกันเสมอ (คือต่างคนต่างไป มีความเร็วหลังชนคนละค่า) การชนในลักษณะนี้จะมีหลักการที่ใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหาได้ 2 หลักการ คือ 1) กฎการคงตัวโมเมนตัม 2) กฎการอนุรักษ์พลังงาน

1.4.2 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Non-elastic collision)

เป็นการชนในลักษณะที่พลังงานจลน์รวมของวัตถุทั้งสองก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่คงเดิม คือ ระบบเกิดการสูญเสียพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ในระหว่างการชน เราเรียกการชนแบบนี้ว่า เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Non-elastic collision) การชนแบบนี้หลังการชนแล้ววัตถุแต่ละก้อนอาจเคลื่อนที่แยกจากกันหรืออาจเคลื่อนที่ติดไปด้วยกันก็ได้ การชนแบบไม่ยืดหยุ่นนี้จะมีหลักการที่ใช้การแก้ปัญหาคือ กฎการคงตัวโมเมนตัม

1.5 กฎการคงตัวของโมเมนตัม (Conservation of Momentum)

ขณะที่วัตถุ 2 อัน เคลื่อนที่เข้าชนกัน วัตถุอันแรกมีแรงกระทำกับวัตถุอันที่สอง ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและการดล จากกฎข้อที่ 3 วัตถุอันที่สองก็จะมีแรงปฏิกิริยาที่เท่ากันกระทำต่อวัตถุอันแรก

ให้โมเมนตัมรวมของระบบเป็น $\Sigma \vec{P}$

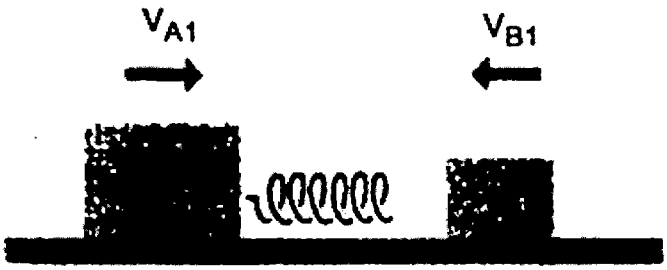
ดังนั้น $\Sigma \vec{P} = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 + m\vec{v}_3 + ... = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ ---------- (8)

ถ้าโมเมนตัมรวมของระบบคงที่ แสดงว่าในระบบมีโมเมนตัมย่อยหนึ่งเพิ่มขึ้น ก็ต้องมีโมเมนตัมย่อยอีกอันหนึ่งลดลง เพื่อให้ผลรวมโมเมนตัมของระบบคงที่นั่นเอง

แรงที่กระทำอยู่ภายในระบบ เรียกว่า **แรงภายใน** ส่วนแรงจากภายนอกที่กระทำกับระบบเรียกว่า **แรงภายนอก** ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำกับระบบ ระบบนั้นเรียกว่า **ระบบอิสระ** สามารถใช้กฎการคงตัวของโมเมนตัมได้ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า **โมเมนตัมของระบบอิสระจะคงที่หรืออนุรักษ์**

กระนั้น ถ้ามีแรงภายนอกกระทำกับระบบ แต่ถ้าแรงสุทธิเป็นศูนย์ โมเมนตัมรวมยังคงที่ ส่วนแรงภายในแม้จะมีผลเปลี่ยนโมเมนตัมย่อยภายในระบบ แต่เมื่อรวมทั้งระบบแล้ว โมเมนตัมคงที่

ตามรูปที่ 1 มวล A ติดกับสปริงเคลื่อนที่เข้าชนกับมวล B บนพื้นระดับที่ไม่มีแรงเสียดทาน หลักการคงตัวของโมเมนตัมแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้รายละเอียดของการชนได้ทั้งหมด ตัวอย่างเช่น มวล m_A และ m_B มีความเร็วเริ่มต้น v_{A1} และ v_{B1} เคลื่อนที่เข้าชนกัน หลังจากชนกันแล้ว ความเร็วสุดท้ายเป็น v_{A2} และ v_{B2} เนื่องจากไม่มีแรงภายนอกกระทำกับระบบ ดังนั้น โมเมนตัมรวมของระบบคงที่



รูปที่ 1

สมการ

$$m_A v_{A1} + m_B v_{B2} = m_A v_{A2} + m_B v_{B2} \quad \text{---------- (9)}$$

เราทราบแต่ความเร็วเริ่มต้น v_{A1} และ v_{B1} แต่ความเร็วสุดท้าย v_{A2} และ v_{B2} ไม่ทราบค่า แต่มีเพียงสมการ (9) เพียงสมการเดียว ไม่สมารถหาค่าของตัวแปรทั้ง 2 ได้ เพราะจำนวนสมการไม่เท่ากับตัวแปร จึงไม่สามารถหาได้

อย่างไรก็ตามถ้าระหว่างการชนแรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงอนุรักษ์ พลังงานจลน์ของระบบทั้งก่อนชนและหลังชนจะคงที่ การชนลักษณะนี้เรียกว่า **การชนแบบยืดหยุ่น** ตัวอย่างเช่น การชนของลูกบอลที่สูบลมค่อนข้างแข็ง หรืออลูกบิลเลียด อนุโลมได้ว่าเป็นการชนแบบยืดหยุ่น หรือการชนของรูปที่ 1 ก็อนุโลมได้เช่นเดียวกัน ลักษณะการชนสามารถอธิบายได้ดังนี้ มวล A กับมวล B เคลื่อนที่เข้าชนกัน สปริงจะถูกกดอัดอยู่ระหว่างกลาง พลังงานจลน์เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่นทั้งหมด เมื่อสปริงถูกกดอัดจนเต็มที่สปริงจะขยายตัวดันมวลทั้งสองออก เปลี่ยนรูปกลับไปเป็นพลังงานจลน์เหมือนกับก่อนชน พลังงานไม่มีการสูญเสียจึงเป็นการชนแบบยืดหยุ่น แต่ถ้าพลังงานจลน์หลังชนน้อยกว่าก่อนชน เรียกว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เช่น หลังจากชนแล้ว มวล A และ B ติดไปด้วยกัน การชนลักษณะนี้พลังงานจะสูญเสียไปในรูปของความร้อน

เราจะพิจารณาเฉพาะ เมื่อมวล A เคลื่อนที่เข้าชนมวล B ที่หยุดนิ่ง หลังจากชนแล้วมวลที่สองเคลื่อนที่ติดไปด้วยกัน ความเร็วสุดท้ายหลังชนจะเท่ากัน

$$v_{A2} = v_{B2} = v_2$$

จากสมการ 9 จะได้

$$m_A v_{A1} + m_B v_{B1} = (m_A + m_B) v_2 \quad \text{---------- (10)}$$

ถ้าทราบความเร็วต้นของ A และ B ก็สามารถคำนวณความเร็วปลายได้

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น พลังงานจลน์หลังชนจะน้อยกว่าก่อนชน จากสมการ (10) จะได้

$$v_2 = \frac{m_A}{m_A + m_B} v_1 \quad \text{---------- (11)}$$

ให้ E_{k1} และ E_{k2} เป็นพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนตามลำดับ

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m_A v_1^2$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v_2^2$$

อัตราส่วนพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน คือ

$$\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{m_A}{m_A + m_B} \qquad \text{---------- (12)}$$

อัตราส่วนจะน้อยกว่า 1 เสมอ

1.6 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

การพิจารณาการชนต้องอาศัยหลักการคือ กฎการอนุรักษ์พลังงาน ในการจำแนกการชน มีรายละเอียดดังนี้

การชนแบบยืดหยุ่นระหว่างมวล A และ B

ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัมจะอนุรักษ์ ดังนั้น จะได้

$$\frac{1}{2} m_A v_{A1}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{B1}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{A2}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{B2}^2$$

และ $$m_A v_{A1} + m_B v_{B1} = m_A v_{A2} + m_B v_{B2}$$

ถ้าทราบมวลและความเร็วต้นของมวลทั้งสอง ก็ใช้สมการบนหาความเร็วสุดท้ายของมวลทั้งได้ สมมติให้ m_B เริ่มต้นหยุดนิ่ง และให้ v เป็นความเร็วต้นของ m_A

v_A และ v_B เป็นความเร็วสุดท้ายของมวลทั้งสอง จากกฎการคงตัวของพลังงานกับโมเมนตัม

$$\frac{1}{2} m_A v^2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + m_B v_B^2 \qquad \text{---------- (13)}$$

และ $$m_A v = m_A v_A + m_B v_B \qquad \text{---------- (14)}$$

ถ้าทราบมวล และความเร็วต้น v ก็ใช้สมการ 13 และ 14 หาความเร็ว v_A และ v_B ได้

1.7 การดีด

รูปที่ 2 โมเมนตัมยังคงอนุรักษ์สำหรับกรณีของการดีด

รถยนต์ A และ B เข้าเกียร์ถอยหลัง อัดสปริงไว้ตรงกลางและหยุดรถโดยขึ้นเบรกมือไว้ให้เป็นตำแหน่งเริ่มต้น โมเมนตัม = 0 รถทั้งคู่ปลดเกียร์ว่างพร้อมกัน สปริงจะดีดรถให้พุ่งออกด้วยความเร็ว v_A และ v_B ถือว่าแรงเสียดทานน้อยมาก ไม่มีแรงสุทธิกระทำกับระบบ ดังนั้น โมเมนตัมของระบบคงที่

จากกฎการคงตัวของโมเมนตัม เราจะได้

$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = 0 \qquad \text{---------- (15)}$$

หรือ

$$\frac{\vec{v}_A}{\vec{v}_B} = -\frac{m_A}{m_B} \qquad \text{---------- (16)}$$

ความเร็วกับมวลเป็นอัตราส่วนกลับกัน รถยนต์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะดีดออกไปด้วยความเร็วที่มากกว่า รถยนต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะดีดออกไปด้วยความเร็วที่น้อยกว่า เราสามารถประยุกต์การดีดไปใช้กับการยิงปืนได้ ก่อนยิงปืนโมเมนตัมของระบบเป็นศูนย์ ขณะยิงปืน ลูกปืนจะให้โมเมนตัมพุ่งไปข้างหน้าและปืนจะถูกดัดให้ถอยหลัง ซึ่งก็มีขนาดเดียวกับโมเมนตัมที่ไปข้างหน้า แต่เนื่องจากมวลของปืนใหญ่มากกว่ามวลของลูกปืน ดังนั้นความเร็วถอยหลังของปืนจะน้อยกว่าความเร็วของลูกปืน

จากเอกสารเกี่ยวกับโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ข้างต้น เป็นหลักการพื้นฐานที่จะสร้างความเข้าใจในเรื่องของ โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่จะนำไปอธิบายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องการชนโดยอาศัยกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน และผู้วิจัยได้นำความรู้และหลักการดังกล่าวมาศึกษาและกำหนดขอบเขตในการนำไปสร้างเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนในคู่มือการใช้ชุดทดลอง ประกอบกับการสร้างชุดทดลองให้สามารถอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ให้ครอบคลุมในเรื่องของการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นให้เป็นไปตามหลักการและทฤษฎี

2. เอกสารเกี่ยวกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542

การจัดกิจกรรมการสอนโดยฝึกปฏิบัติหรือการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับแนวการจัดการศึกษาในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 อย่างยิ่ง เห็นได้จากหมวด 4 ว่าด้วยแนวการจัดการศึกษา สาระของหมวดนี้ครอบคลุมหลักสาระและกระบวนการจัดการศึกษาที่เปิดกว้างให้แนวทาง สาระเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญที่สุดตามหมวดนี้เริ่มตั้งแต่มาตรา 22 ถึง 24 และมาตรา 26 ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 9 - 11)

มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ

มาตรา 23 การจัดการศึกษาทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ความรู้เรื่องเกี่ยวกับตนเองและความสัมพันธ์ของตนเองกับสังคม ได้แก่ ครอบครัว ชุมชน ชาติ และสังคมโลก รวมถึงความรู้เกี่ยวกับประวัติศาสตร์ ความเป็นมาของสังคมไทยและระบบการเมืองการปกครอง ในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2. ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน

3. ความรู้เกี่ยวกับศาสนา ศิลป วัฒนธรรม การกีฬา ภูมิปัญญาไทย และการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญา

4. ความรู้ และทักษะด้านคณิตศาสตร์และด้านภาษา เน้นการใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้อง

5. ความรู้ และทักษะในการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิตอย่างมีความสุข

มาตรา 24 การจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็นทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนและอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้รวมทั้งสามารใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

มาตรา 26 ให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียน โดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 ที่กล่าวถึง แนวการจัดการศึกษาสรุปได้ว่า การศึกษามุ่งพัฒนา และส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองตามความสามารถที่มีอยู่ จากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ จนสามารถบูรณาการความรู้ ทักษะ การคิด และสามารถใช้ชีวิตอยู่ได้ในสังคมและดำเนินชีวิตอย่างรู้เท่าทัน มีคุณธรรม จริยธรรมที่เหมาะสม มีความสำนึกรับผิดชอบต่อสังคมไทยในฐานะพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ ผู้วิจัยจึงศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการใช้ชุดทดลอง ที่เป็นการส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกการคิด และใช้วิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้

3. เอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน

3.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนนี้เดิมใช้คำว่าอุปกรณ์การสอน ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายแคบ หมายถึงเฉพาะวัสดุอุปกรณ์เท่านั้น คำว่า สื่อการเรียนการสอน มีความหมายครอบคลุมอุปกรณ์การสอน และวิธีการที่จะนำความรู้ไปสู่ผู้เรียนอีกด้วย ซึ่งสื่อการเรียนเน้นที่ผู้เรียนเป็นผู้ใช้ และสื่อการสอนเน้นที่ผู้สอนเป็นผู้ใช้

คำว่าสื่อการเรียน (Instructional media) แยกได้เป็น 2 คำ ดังนี้

3.1.1 สื่อ หมายถึง ตัวกลางในการนำเรื่องราว หรือความรู้ของผู้ส่งสาร คือ ครูไปยังผู้รับ คือนักเรียน

3.1.2 การเรียน หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนได้กระทำแล้วเกิดการเรียนรู้ หรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทางที่ดี

พอสรุปได้ว่า สื่อการเรียน หมายถึง ตัวกลางที่เป็นบุคคล วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

3.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.2.1 วัสดุ (Software หรือ Material) หมายถึง สิ่งสิ้นเปลืองต่าง ๆ ราคาไม่แพง เคลื่อนย้ายได้ง่าย และการใช้ก็ไม่ต้องอาศัยความชำนาญมากนัก เช่น ภาพยนตร์ ม้วนวีดิโอ ม้วนเทป สไลด์ แผนภูมิ แผนที่ ของจริง ของจำลอง แผ่นป้ายไฟฟ้า คู่มือครู กระดาษ ฯลฯ

3.2.2 อุปกรณ์ หรือเครื่องมือ (Hardware หรือ Devices) หมายถึง สิ่งที่คงทนถาวร ราคาค่อนข้างแพง การสร้างต้องลงทุนสูง และการใต้องมีความรู้ความชำนาญโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ

3.2.3 วิธีการ หรือเทคนิค (Method หรือ Technique) หมายถึง วิธีการ หรือกลวิธีในการใช้วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสอน และการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น การทดลอง การสาธิต การแสดงบทบาทสมมุติ การจัดนิทรรศการ ฯลฯ

3.3 หลักการสร้างสื่อการเรียนการสอน

ดวงเดือน เทศวานิช (2531 : 166 - 167) ได้กล่าวถึงหลักการที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างสื่อการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ต้องได้ประโยชน์คุ้มค่ากับที่ได้ลงทุนจัดทำ
2. คำนึงถึงการประหยัด และหาง่ายในท้องถิ่น
3. ต้องมีความประณีตเรียบร้อย น่าสนใจ และดูเข้าใจง่าย
4. ต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายบทเรียน และตรงตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดของบทเรียนนั้น ๆ
5. ต้องตรงกับใบเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนการสอน
6. ต้องมีขนาดและจำนวนพอเหมาะกับจำนวนของผู้เรียน
7. ต้องเหมาะสมกับวัย ความต้องการและระดับชั้นของผู้เรียน
8. ต้องทำให้คงทนถาวร ใช้ได้หลาย ๆ ครั้ง เก็บไว้ใช้ได้นาน คุ้มค่าของเงิน และแรงงาน

3.4 ประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอน

มีผู้ที่กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนไว้หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเสนอไว้ดังนี้

ดวงเดือน เทศวานิช (2531 : 170) ได้กล่าวถึงถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. ช่วยกระตุ้น หรือเร้าความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกอยากเรียน และเรียนโดยไม่เกิดความเบื่อหน่าย

2. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายขึ้นเพราะสื่อการเรียนสามารถทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรม ทำให้ประหยัดเวลา และเกิดความเข้าใจตรงกัน

3. ช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีประสบการณ์กว้างขวางขึ้น

4. ช่วยให้สามารถเรียนรู้ได้มากในระยะเวลาอันสั้น เป็นการประหยัดเวลา

5. ช่วยให้สามารถจดจำได้นาน เพราะสื่อการเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสหลายทาง ซึ่งทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และจดจำได้นาน

กิดานันท์ มะลิทอง (2540 : 88) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอน ไว้ดังนี้

ด้านผู้เรียน

1. เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2. สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน

3. การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

4. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษย์สัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอน

5. ช่วยเสริมสร้างลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

6. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

ด้านผู้สอน

1. การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอน มากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความมั่นใจในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2. สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

3. เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

3.5 ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี

สุพจน์ ศุภกุล (2537 : 440 - 441) กล่าวถึง ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดีไว้ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจูงใจ เครื่องมือที่มีรูปร่าง สีสรรจูงใจ จะมีผลต่อการเรียนการสอนมาก ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างทุกชิ้นต้องทำงานได้ตามความต้องไม่ใช่เมื่อนำไปทดลองแล้วเครื่องมือไม่ทำงาน ทำให้เสียเวลา เด็กจะรู้สึกเบื่อ ความสนใจในการเรียนจะลดลง

2. สะดวกในการใช้การปฏิบัติ เครื่องมือมีความคล่องตัวในการใช้ไม่เกะกะไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ความปลอดภัยและสะดวกในการใช้

3. มีความคงทนถาวร อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรมีอายุการใช้งานได้นาน

4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก เพราะเมื่อออกแบบเสร็จแล้วเราสามารถสร้างได้ทันที วัสดุที่หาง่ายคือวัสดุที่มีในท้องถิ่นและวัสดุที่เหลือใช้ สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาใช้สร้างอุปกรณ์ได้มากแล้วแต่เราจะนำมาดัดแปลงให้เป็นเครื่องมือชนิดใด

5. ควรใช้งานได้หลายอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้างทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่เปลืองที่เก็บรักษา

6. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีรูปแบบกระทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้ารูปร่างใหญ่เกินไปทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ ทางที่ดีอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรทำชิ้นส่วนเป็นชุด ๆ และสามารถถอดเก็บได้สะดวกแต่ไม่ควรมีจำนวนชิ้นมากเกินไป เพราะอาจหายได้

3.6 คุณค่าของสื่อการเรียนการสอน

นิพนธ์ สุขปรีดี (2521 : 13 – 16) ได้กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอน เป็นการถ่ายทอดความรู้และความคิดระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเครื่องช่วยให้บทเรียนง่ายขึ้น เพราะสื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ครูสามารถถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทัศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าในเรื่องราวที่สอน ซึ่งจะเป็นรากฐานให้เกิดความเข้าใจและความจำอย่างถาวร นักเรียนต่างยอมรับและเห็นพ้องด้วยกันว่าสื่อการสอนเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การสอนได้ผลดีขึ้น ในด้านคุณค่าจากการใช้สื่อการสอน ดังนี้

1. คุณค่าทางด้านวิชาการ

1.1 เด็กที่ได้รับการสอนจากการใช้สื่อการสอนประกอบการสอน จะได้รับประสบการณ์ตรงและเรียนได้ดีมากกว่าเด็กที่ไม่มีสื่อการสอนประกอบการเรียนการสอน

1.2 ลักษณะที่เป็นรูปธรรมของสื่อการสอน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งต่าง ๆ ได้กว้างขวาง เป็นแนวทางให้เข้าใจสิ่งอื่น ๆ ได้ยิ่งขึ้นและยังช่วยส่งเสริมด้านความคิดและการแก้ปัญหาอีกด้วย

1.3 จากการวิจัยสรุปว่าสื่อการสอนให้ประสบการณ์ที่เป็นจริงแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างถูกต้อง ทั้งช่วยให้ผู้เรียนจดจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและจำได้นาน

2. คุณค่าทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้

2.1 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและต้องการเรียนในสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การอ่าน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทัศนคติ การแก้ปัญหาและความซาบซึ้งในคุณค่า

2.2 ทำให้เด็กมีมโนภาพเริ่มแรกอย่างถูกต้องสมบูรณ์และก่อให้เกิดความคิดรวบยอดเป็นอย่างเดียวกันทั้งมีอิทธิพลต่อเจตคติของผู้เรียนด้วย

2.3 สื่อการสอนเร้าให้ผู้เรียนเกิดความพอใจ และยั่วยุให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง

3. คุณค่าทางด้านเศรษฐกิจการศึกษา

3.1 สื่อการสอน สามารถช่วยผู้เรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วมากขึ้น ส่วนผู้เรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นไปอีก

3.2 การสอนโดยอธิบายอย่างเดียวเป็นการสิ้นเปลืองเวลาที่สุดเพราะเด็กลืมง่าย ถ้าใช้สื่อการสอนจะช่วยขจัดความสิ้นเปลืองนี้ และยังช่วยให้ครูที่สอนดีอยู่แล้วสอนดียิ่งขึ้น

3.3 สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดและเวลาของครู ที่สำคัญยิ่งกว่านั้น ยังช่วยประหยัดเวลาของนักเรียน ทำให้มีเวลาเหลือที่จะศึกษาบทเรียนอื่นต่อไป

3.4 สื่อการสอนช่วยขจัดปัญหาเรื่อง สถานที่ เวลา และระยะทาง ได้ดังนี้

3.4.1 สามารถนำสิ่งที่เกิดในอดีตมาศึกษาได้ เช่น ภาพยนตร์

3.4.2 สื่อการสอนช่วยนำสิ่งที่อยู่ไกลเกินไปมาศึกษาได้

3.4.3 ช่วยทำสิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วได้ และทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลงได้ เช่น ภาพยนตร์ สามารถแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของพืชในระยะเวลาสั้น ๆ ได้

จากหลักการและแนวคิดในเรื่องของสื่อการเรียนการสอน ได้ให้แนวความคิดในการสร้างและพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยยึดหลักการเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การสอน และคำนึงความต้องการของเนื้อหาบทเรียน ประสิทธิภาพที่มีต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน และทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอุปกรณ์การสอนเป็นสำคัญ อันจะส่งผลให้การทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์ในการเรียนรู้ และคาดว่าผลการทดลองจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีเจตคติที่ดีขึ้น

4. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523 : 137) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียน การสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝน อบรมหรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่า เรียนแล้วรู้เท่าไรมีความสามารถมากน้อยเพียงใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 29) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530 : 1) ได้ให้ความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง การวัดดูว่านักเรียนมีพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับการฝึกอบรมในช่วงเวลาที่ผ่านมา อันเป็นเรื่องราวของอดีต

ธงชัย ชิวปรีชา ณรงค์ชัย ธูปพนมและปรีชาญ เดชศรี (2526 : 238 – 255) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ ความสามารถของนักเรียนในการเรียน ซึ่งการที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้นั้นต้องมีการกำหนดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เพื่อจะได้เป็นแนวทางและเป็นเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมสมรรถภาพทางสมองและสติปัญญาของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลงไปในด้านต่าง ๆ เมื่อผ่านการเรียนการสอน โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมายและทำการวัดภายหลังการเรียนการสอนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทย ได้มีการกำหนดพฤติกรรมการเรียนที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากแนวคิดของคลอปเฟอร์ จำแนกได้ดังต่อไปนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา ณรงค์ชัย ธูปพนมและปรีชาญ เดชศรี. 2526 : 238 – 255) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ

ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรูมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ แบ่งเป็น 9 ประเภท คือ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์
1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนติทางวิทยาศาสตร์
1.4 ความรู้เกี่ยวข้อตกลง
1.5 ความรู้เกี่ยวกับการลำดับขั้นและแนวโน้ม
1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภทและเกณฑ์
1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ

ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม พฤติกรรมด้านความเข้าใจ แบ่งเป็น 2 ขั้น คือ

2.1 ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่
2.2 ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด
3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา
3.3 การแปลความหมายข้อมูล
3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี หรือทฤษฎี

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน การใช้เครื่องมือ ปฏิบัติการได้ถูกต้อง และการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ พฤติกรรมด้านการนำไปใช้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน

4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต้องวัดผลทั้งทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวัดผลช่วยบอกให้ทราบสถานการณ์การเรียนการสอน รวมทั้งสื่อการเรียนและวิธีสอนที่ใช้หรือปฏิบัติ สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตรเพียงใด เพื่อความสะดวกในการประเมินผล สามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์ 2524 : 25)

1. ความรู้ - ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรูมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้

จากเอกสารข้างต้นผู้วิจัยได้นำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ ความรู้ – ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จากการเรียนโดยใช้ชุดทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

5. เอกสารที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ศศิเกษม ทองยงค์ และลีลา สิมานุเคราะห์ (2524 : 76) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าทดลองปฏิบัติการ เพื่อค้นหาความจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่างซึ่งในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลองหรือปฏิบัติการนั้น ผู้ทำการทดลองย่อมใช้ทักษะทั้งในด้านการปฏิบัติ และการนึกคิดควบคู่กันไป

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525 : 48) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นตอน จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2532 : 5) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2534 : 14) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการทำการทดลอง เป็นต้น

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540 : ค) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่วและชำนาญ

5.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 1 – 5) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531 : 7 – 15 ; ภพ เลาหไพบูลย์. 2534 : 14 - 29)

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (The Basic Process Skills) มี 8 ทักษะ ได้แก่

1.1 ทักษะการสังเกต

ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ได้ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต อาจแบ่งได้เป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือสถานการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
2. บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ
3. การบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

1.2 ทักษะการวัด

ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

3. บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

4. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ฯลฯ ได้ถูกต้อง

5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

1.3 ทักษะการคำนวณ

ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. การนับ ได้แก่ นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ และตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

2. การคำนวณ ได้แก่ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีการคิดคำนวณได้

3. การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่ บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย และแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. บ่งชี้และบรรยายคุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษาได้เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของวัตถุ

2. จำแนกสิ่งที่ศึกษากลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภทตามเกณฑ์ในการจำแนกประเภทที่สร้างขึ้นได้

3. จำแนกสิ่งที่ศึกษาตามเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้จำแนกสิ่งที่ศึกษาได้

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลาสเปสของวัตถุ

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลาสเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. วาดรูป 3 มิติ ของวัตถุจริงทั่วไปได้
2. บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และระนาบสมมาตรของรูป 3 มิติ ได้
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติ ได้
4. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง กล่าวคือ บอกได้ว่า วัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง
5. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่เรียงลำดับแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้
4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้
5. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้
6. บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งภาพจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ สามารถอธิบายหรือสรุปเรื่องหนึ่ง ๆ โดยการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย

1.8 ทักษะการพยากรณ์

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

2. ทักษะกระบวนการขั้นสูง (The Integrated Process Skills) มี 5 ทักษะ ได้แก่

2.2 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้

ล่วงหน้า มักจะกล่าวไว้เป็นข้อความบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม ซึ่งอาจถูกหรือผิดก็ได้ จึงจำเป็นจะต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปร ต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

2.4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปด้วย

ตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรต้นอื่น ๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมได้

2.5 ทักษะการทดลอง

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลองโดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์ หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้
2. ปฏิบัติการทดลองได้และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

2.6 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1. แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ เช่น การตีความหมายจากกราฟ การตีความหมายข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ เป็นต้น

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากเอกสารเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นทักษะที่มีความสอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งการประเมินเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติเป็นศัพท์บัญญัติทางวิชาการตรงกับภาษาอังกฤษว่า Attitude ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า Aptus แปลว่า ความเหมาะสม (Fitness) หรือการปรับปรุงแต่ง (Adaptedness) แต่ความหมายเจตคตินั้นมีผู้ให้ความหมายมากมายแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เจตคติเป็นความพร้อมในการตอบสนอง

เจตคติ หมายถึง ความพร้อมของบุคคลที่จะแสดงท่าทีตอบสนองสิ่งใดสิ่งหนึ่งตามที่เคยนึกคิด (ฉลอง ภิรมย์รัตน์. 2536 : 42)

เจตคติ หมายถึง ความพร้อมที่จะตอบสนองและความสม่ำเสมอในการตอบสนองของบุคคลอื่นหรือสภาพทางสังคม (Triandis. 1971 : 6-7)

เจตคติ หมายถึง สภาพความพร้อมทางจิตใจและประสาทเกิดจากการได้รับประสบการณ์ ซึ่งมีผลโดยตรงกับการตอบสนองของบุคคลต่อสภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Allport. 1976 : 2)

กลุ่มที่ 2 เจตคติเป็นองค์ประกอบด้านความรู้สึกและอารมณ์

เจตคติ หมายถึง ความคิดเห็นซึ่งมีอารมณ์เป็นส่วนประกอบ เป็นส่วนที่พร้อมจะมีปฏิกิริยาเฉพาะอย่างต่อสถานการณ์ภายนอก (ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2526 : 3)

เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก นึกคิด ความเชื่อมั่นหรือแนวโน้มที่พร้อมที่จะกระทำต่อสิ่งแวดล้อม ในการตอบสนองในลักษณะที่ชอบ ไม่ชอบ (พัชนี วรกวิน. 2529 : 60)

กลุ่มที่ 3 เจตคติเป็นแนวโน้มในการตอบสนอง

เจตคติ หมายถึง เจตคติเป็นแนวโน้มการตอบสนองของบุคคล หรือความพร้อมของบุคคลในการตอบสนอง เจตคติไม่ได้ทำหน้าที่กำหนดชนิดของการกระทำ แต่ทำหน้าที่ให้กลุ่มหรือชนิดของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งให้มีโอกาสเกิดขึ้นมากหรือน้อย (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2529 : 6)

เจตคติ หมายถึง ความโน้มเอียงที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในการตอบสนองเชิงบวกหรือเชิงลบต่อวัตถุที่แน่นอน สถานการณ์ สถาบัน สังกัปหรือบุคคลอื่น (Aiken. 1985 : 290)

กล่าวโดยสรุป เจตคติ หมายถึง ความเชื่อ ความรู้สึก ความคิดหรือค่านิยมของบุคคลที่พร้อมจะตอบสนองต่อสิ่งเร้า สถานการณ์ หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสังเกตได้จากพฤติกรรมที่จะแสดงออกมา 2 ลักษณะ คือ ทางบวก หรือเจตคติทางบวกจะแสดงออกมาในลักษณะความชอบ ความพึงพอใจ ความสนใจ เห็นด้วย อยากปฏิบัติ อยากได้ หรืออยากใกล้ชิดสิ่งนั้น อีกลักษณะหนึ่ง คือ ทางลบ หรือเจตคติทางลบ จะแสดงออกมาในลักษณะความเกลียด ความไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย ทำให้เกิดความเบื่อ หรือต้องการหนีห่างจากสิ่งนั้น นอกจากนี้เจตคติอาจจะแสดงออกมาในลักษณะความเป็นกลางก็ได้ เช่น รู้สึกเฉย ๆ ไม่รัก ไม่ชอบ

6.2 ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

อนันต์ จันทร์กวี (2523 : 61) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้สึกพอใจ ชอบ ไม่ชอบ หรือความเบื่อหน่ายเกี่ยวกับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์

นวลจิตต์ โชตินันท์ (2524 : 9) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้สึกพฤติกรรมที่แสดงออกต่อวิทยาศาสตร์ทางด้านต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงออกมา 2 ทาง คือ

1. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เชิงนิมาน (Positive Attitudes Toward Science) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกในลักษณะพอใจ ชอบ อยากเรียน อยากเข้าใกล้สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เชิงนิเสธ (Negative Attitudes Toward Science) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกในลักษณะไม่พอใจ ไม่ชอบ ไม่อยากเข้าใกล้เบื่อหน่ายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

บุปผชาติ เรืองสุวรรณ (2530 : 10) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้สึก และความเชื่อมั่นของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและไม่ดี เกี่ยวกับคุณประโยชน์ ความสำคัญเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

Haladyna และ Shaughnessy (1982 : 548) พบว่า ผู้วิจัยแต่ละคนต่างก็ให้ความหมายเจตคติต่อวิทยาศาสตร์แตกต่างกันไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes) เป็นความเชื่อในความคิดเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

2. เจตคติต่อนักวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward) เป็นความรู้สึกของคนเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

3. เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ (Attitudes Toward Science) เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมหรือวิธีสอนวิทยาศาสตร์

4. ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Interest)

5. เจตคติต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ((Attitudes Toward the Parts of the Curriculum) เป็นการรับรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับกิจกรรมที่หลากหลายหรือส่วนต่าง ๆ ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์

6. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ((Attitudes Toward the Subject of Science) เป็นความรู้สึกของผู้เรียนต่อเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อ ความคิด ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกจะมี 2 ลักษณะ คือ

1. เจตคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะพึงพอใจ ความชอบ อยากเรียน และอยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. เจตคติเชิงลบต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะไม่พอใจ ไม่ชอบ ไม่อยากเรียน และไม่อยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องของเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกในลักษณะที่พอใจและไม่พอใจ ที่มีต่อชุดทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

6.3 องค์ประกอบของเจตคติ

นิพนธ์ แจ้งเอี่ยม (2525 : 118-119) ได้กล่าวว่า เจตคติสามารถแยกได้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้หรือความเข้าใจ (Cognitive Component) เป็นการตอบสนองของบุคคล รับรู้และวินิจฉัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับทำให้เกิดเจตคติที่แสดงออกมาในแนวว่าอะไรถูกอะไรผิด หรืออาจเป็นความรู้เกี่ยวกับวัตถุสิ่งของ บุคคล หรือเป็นเพียงเหตุการณ์ต่าง ๆ

2. องค์ประกอบทางด้านความรู้สึก (Affective Component) เป็นลักษณะทางอารมณ์ของบุคคลที่ด้วยความคิด ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใดก็จะมีความรู้ที่ดีต่อสิ่งนั้น เจตคติจะออกมาในรูปของความชอบ ไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ ถ้าไม่มีความรู้สึกต่อสิ่งนั้นเลย เจตคติก็จะไม่เกิดขึ้น

3. องค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) หรือองค์ประกอบทางด้านการกระทำ (Action Tendency Component) เป็นความพร้อมที่จะกระทำอันเป็นผลเนื่องมาจากความคิดและความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาในรูปการยอมรับหรือการปฏิเสธ ซึ่งเป็นการแสดงออกที่สามารถสังเกตได้

6.4 แนวทางในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

การพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนเป็นเป้าหมายที่สำคัญอันหนึ่งของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว ทบวงมหาวิทยาลัยได้เสนอแนวทางพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้ (คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตรและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. 2525 : 57-58)

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

2. มอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการทดลองทุกกลุ่มควรได้ทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูต้องดูแลหรือให้ความช่วยเหลือบางอย่าง ซึ่งจะได้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนไปด้วย

3. ใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

4. ในขณะทำการทดลองควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์หลาย ๆ อย่าง ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ใหม่ การให้ความเอาใจใส่ของครู ฯลฯ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

5. ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะเจตคติแต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาของบทเรียนและวัยของนักเรียนกับให้มีการพัฒนาเจตคตินั้น ๆ ไปด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นปัญหาทางสังคมแล้วให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวหลังจากได้มีการสรุปแล้วครูควรอภิปรายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกขั้นตอนมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนาตนเองได้

7. เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอาจจะเลียนแบบได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เพื่อนนักเรียน เป็นต้น

ในการจะทราบว่า การพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนประสบความสำเร็จหรือไม่นั้น หรือนักเรียนคนใดมีเจตคติทางบวกหรือทางลบต่อวิทยาศาสตร์ อาจสังเกตได้จากพฤติกรรมหรือลักษณะต่าง ๆ ของผู้เรียนที่แสดงออก ดังมีผู้เสนอไว้ดังนี้

นวลจิตต์ โชตินันท์ (2524 : 32) ได้กำหนดลักษณะของผู้มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. มีความคิดเห็นต่อวิทยาศาสตร์โดยทั่ว ๆ ไป
2. มีความรู้สึกว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ
3. มีความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์
4. มีความสนใจวิทยาศาสตร์
5. แสดงออกหรือมีส่วนร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

Vitrogan (1967 : 170) ได้กำหนดว่าบุคคลมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะ ดังนี้

1. เน้นที่ความแตกต่างที่เห็นชัดเจนมากกว่าความคล้ายคลึง
2. รู้จักสังเกตเองมากกว่าได้รับคำสั่งให้สังเกต
3. ชอบคำตอบที่หลากหลายและยืดหยุ่นได้ของปัญหามากกว่าคำตอบเดียว
4. สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการสังเกตที่ควบคุมได้และการสังเกตที่ไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน
5. รู้ว่าทุกสิ่งทุกอย่างไม่แน่นอน ย่อมมีการเปลี่ยนแปลง
6. เน้นหลักการใหญ่ ๆ มากกว่ารายละเอียดปลีกย่อย

สรุปได้ว่าการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีลักษณะ คือ พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด และพฤติกรรมในระดับการแสดงออก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยการเลือกใช้วิธีวัดเจตคติตามแบบลิเคอร์ท ด้วยเหตุผลก็คือ สามารถวัดเจตคติความคิดเห็นได้ค่อนข้างกว้าง และชัดเจน โดยเน้นเฉพาะประเด็นที่เป็นเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยพิจารณาความสนใจของนักเรียน การนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ความยากง่าย และความเหมาะสมกับเวลา ความแข็งแรงทนทาน ความเพลิดเพลินในการเรียน ซึ่งในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคติต่อชุดทดลองในครั้งนี้อาศัยกรอบความคิดที่เป็นท่าที ความรู้สึกในที่นี้ใช้กรอบความคิดของสถานบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2528 : 29 – 30)

7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

วิรัช ขันตยานุกูลเจริญ (2536 : 45) ได้ศึกษาการทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนจ่าการบุญ จังหวัดพิษณุโลก กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 30 คน กลุ่มควบคุม 30 คน โดยวิธีแบบแบ่งกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันกับนักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุมาลี ดำรงไชย (2537 : 111-121) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนคณฑ์พิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 30 คน ผลการศึกษาค้นคว้า ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

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

เขมิกาญจน์ ทองมา (2540 : 101-108) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดตาก อำเภอเมือง จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 15 คน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

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

ประนอม หมอกกระโทก (2545 : 73) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรงประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 15 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และด้านเจตคติต่อชุดทดลองเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเจตคติก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

วาเนค (Vanek. 1974 : 1522-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสอน 2 แบบ คือ แบบที่มีการทดลองและแบบที่ใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 54 คน เกรด 4 จำนวน 56 คน ผลการศึกษาพบว่า วิธีการสอนไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาเพศพบว่านักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนชาย

ฟรานซีส (Fransis. 1977 : 3338-A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทาการเรียนในเนื้อหาวิชาเรื่อง กฎของโอห์มและกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้กลุ่มทดลอง ใช้นักเรียน จำนวน 30 คน ใช้บทเรียนสำเร็จรูป และกลุ่มควบคุม ใช้นักเรียน จำนวน 30 คน ใช้วิธีการบรรยายประกอบการสาธิต ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่าง

แพพพีลิส และคนอื่น ๆ (Pappelis and others. 1980 : 30-36) ศึกษาการสอนเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเตรียมแพทยีและเตรียมทันตแพทย์ พบว่าการที่นักศึกษาปฏิบัติ กิจกรรที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยจัดให้เป็นประสบการณ์ที่นักศึกษาได้พบ สามารถช่วยให้นักศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

เซลลิม (Selim. 1982 : 3001-A) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและการสอนแบบบรรยายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 5 ในประเทศอียิปต์ ทำการทดสอบด้าน Non-Verbal Intelligence Test พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับ การสอนแบบบรรยาย

ฮอคูส และเพนิค (Harkoos and others. 1983 : 629-637) ได้ศึกษาอิทธิพลของบรรยากาศในชั้นเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิทยาลัยดุเพจ (Du Page) ในรัฐอิลลินนอยส์ พบว่าบรรยากาศในชั้นเรียนมีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

สตรอวิทช์ และมาโลน (Strawitz and Malone. 1987 : 56-60) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ได้รับ จากการเรียนรู้โดยครูสอนและการเรียนด้วยตัวเอง ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยตัวเองและลงมือปฏิบัติ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีเดิม ที่ไม่มีการลงมือปฏิบัติ และพบว่ามีความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม

สมิท (Smith. 1994 : 2528-A) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สองได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่สามที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นวิธีทดสอบภาคสนามซึ่งเรียกว่า การประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ (IASA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

ดัคลาส (Douglas. 1998 : 228-A) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่เป็นของจริงสำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบการถ่ายทอดความรู้จากการอ่านเนื้อหาแบบวรรณคดี และการออกแบบอุปกรณ์ตามรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เคลื่อนไหวได้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจากการวิเคราะห์พบว่า การใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีมาก

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งต่างประเทศและในประเทศ เกี่ยวกับการใช้สื่อการสอน พอสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีบทบาทและประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนรู้ และใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งเสริม หรือถ่ายทอดไปยังผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่จะสูงกว่าการสอนแบบปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจแนวคิดและหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 เพื่อเป็นแนวทางและประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนในการตอบแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะที่มีความสอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งการประเมินเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวมทั้งการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการศึกษาค้นคว้าออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวกับการสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขอบเขตเนื้อหาวิชาและสาระการเรียนรู้ ตลอดจนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
2. ออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดทดลอง
3. กำหนดวัตถุประสงค์ – อุปกรณ์ ในการสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ
4. สร้างชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
5. ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยทำการทดลอง จำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้ง การทดลองต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากชุดทดลองเทียบกับการคำนวณจากทฤษฎีมีค่าไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์ จะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์
6. การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและสำหรับผู้สอน เพื่อช่วยแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลอง และความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย ใบความรู้ ชื่อกิจกรรมการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การหาผลสรุปและคำถามท้ายการทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้สอน ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง สรุปผลการทดลอง แนวคิดในการตอบคำถาม และความรู้เพิ่มเติม

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ เป็นขั้นตอนการหาคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1มิติในการสร้างแบบประเมิน ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทั้ง 2 ชุด ดังนี้

1.1 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารแบบประเมิน จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ซึ่งแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบวิธีของลิเคิร์ต (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 107) โดยกำหนดให้มีระดับการณ์ประมาณค่า ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5 , 4 , 3 , 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งในการประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 4 ด้าน คือ

1. ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ
2. ด้านการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ
3. ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ
4. ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ

และให้ความหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ค่าเฉลี่ย ดังต่อไปนี้

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

1.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และผู้สอนในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียนและผู้สอน ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น หนังสือ เอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หรือหนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่าง ๆ โดยกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ กิจกรรมการทดลอง คำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง เป็นต้น แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินในเชิงปริมาณ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด เกณฑ์ในการให้คะแนนเพื่อยอมรับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

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

และให้ความหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และผู้สอน ของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ค่าเฉลี่ย ดังต่อไปนี้

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

2. นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง ผู้วิจัยนำชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหา โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 ท่าน นักวิทยาศาสตรศึกษาด้านฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ

3. นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่แหล่งข้อมูล จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่แหล่งข้อมูล จำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่มีความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งก่อนนำชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองไปหาประสิทธิภาพทางการศึกษา

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีขั้นตอนการดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. แหล่งข้อมูลที่ทดลอง

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งเป็นนักเรียนที่จัดตามสภาพจริง จำนวน 15 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ

การเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

2.2 ตัวแปรตาม

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้พื้นฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การชนใน 1 มิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมการทดลอง จำนวน 2 กิจกรรม 8 การทดลอง ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น แบบที่ 1

การทดลองที่ 2 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น แบบที่ 2

การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นกรณีมวลเท่ากัน

การทดลองที่ 4 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นกรณีมวลไม่เท่ากัน

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

การทดลองที่ 5 ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นแบบที่ 1

การทดลองที่ 6 ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นแบบที่ 2

การทดลองที่ 7 ศึกษากฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น แบบที่ 1

การทดลองที่ 8 ศึกษากฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น แบบที่ 2

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ กระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 4 สัปดาห์ ๆ ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที จัดเวลาเรียนเป็น 2 วันต่อสัปดาห์ วันละ 2 คาบต่อเนื่อง รวมทั้งสิ้น 16 คาบ

5. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ผู้วิจัยนำชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่ผ่านการแก้ไขแล้วไปทดลองกับแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดลอง จำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ โดยใช้เกณฑ์ 80/80 ตัวเลข 80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียนโดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม ที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80 ตัวเลข 80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบครบทุกกิจกรรมการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม ที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนสำหรับการวิจัย มีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ จากการเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ การสร้างแบบทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลและวิธีการสร้างแบบทดสอบ

1.2 ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ แบ่งเป็นพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 4 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ – ความจำ
2. ด้านความเข้าใจ
3. ด้านการนำไปใช้
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.3 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้–ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี 2 ท่าน คือ อาจารย์ประสิทธิ์ มากมูล และอาจารย์นิติพงษ์ ยาวไธสง ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ที่ทำการสอนในเนื้อหา เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ อย่างน้อย 5 ปี 2 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพ็ชรมีศรี และอาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร ผู้สอนวิชาวัดและประเมินผลที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) แล้วคัดเลือก ข้อสอบที่มีดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปไว้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117)

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้ มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้วนำไปทดสอบกับผู้เรียนที่ไม่ใช่แหล่งข้อมูลในการทดลอง ที่ได้รับการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มาแล้ว จำนวน 100 คน แล้วนำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินกว่า 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจและรวมคะแนนเรียบร้อยแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อ หาค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก จ)

1.6 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร K-R 20 ~~(ภาคผนวก จ)~~

2. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) และการวัดผลการเรียนรู้ในด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

2.2 สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ~~จำนวน 30 ข้อ~~ ซึ่งจะพิจารณาโดยรวมในการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกใน 2 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ความรู้สึกนึกคิดต่อชุดทดลอง
2. การแสดงออกต่อชุดทดลอง
   2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนด้วยชุดทดลอง
   2.2 การเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง

เกณฑ์การให้ระดับคะแนนของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในแบบประเมินพิจารณาข้อความเชิงนิมาน และเชิงนิเสธ การให้คะแนนจะตรงกันข้ามกันดังนี้

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

และให้ความหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองของผู้เรียน ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	ผลการประเมินอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับเห็นด้วย
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับไม่แน่ใจ
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 129) มีจำนวน 30 ข้อ

2.3 นำแบบสอบวัดเจตคติต่อชุดทดลองที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี เพื่อขอความร่วมมือในการทำการวิจัย
2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูลในการทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน รวมทั้งตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ก่อนเรียน
3. ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้กับนักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูลในการทดลอง จำนวน 15 คน และเก็บข้อมูลระหว่างเรียนจากการตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวแรกของชุดทดลอง
4. เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกกิจกรรมการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง โดยให้นักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูลในการทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกคน เพื่อเป็นข้อมูลในการหา ประสิทธิภาพ 80 ตัวหลัง และเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
5. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

6. นำคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ 80/80

7. นำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลอง กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านลักษณะการใช้งานทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.5 (จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ เมื่อ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ปานกลาง 4 หมายถึง ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองแต่ละกิจกรรม กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบครบทุกกิจกรรมการทดลอง โดยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้น นำผลที่ได้มาหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้สูตร K-R 20 (Kuder-Richardson 20) แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

2.3 การวิเคราะห์แบบสอบถามเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย พิจารณาจากระดับความคิดเห็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ทำการวิเคราะห์ประเมินระดับเจตคติโดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Samples

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Pack for the Social Science)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (percentage error) ของผลการทดลอง หาได้จากสูตร

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$$

1.2 ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)

จากสูตร $$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 143)

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

เมื่อ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด
X แทน คะแนนแต่ละคน

1.4 ค่าความแปรปรวน (Variance) ของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142)

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

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด
X แทน คะแนนแต่ละคน

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตรดังนี้
(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 235)

จากสูตร $$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรดังนี้
(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215)

จากสูตร $$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

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

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร K-R 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน
(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 228)

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

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
P แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด
q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด หรือ 1-p
S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา โดยใช้เกณฑ์ 80/80

3.1 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตรดังนี้ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 56-57)

จากสูตร $\frac{E_1}{E_2}$ โดย

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียน โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม ที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80

$$E_1 = \frac{\left[\frac{\sum X}{N}\right]}{A} x100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ทำแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มที่ผู้เรียนต้องทำได้ คิดเป็นร้อยละ 80

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\sum Y}{N}\right]}{B} x100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

4. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

4.1 ใช้สถิติ t-test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples เพื่อทดสอบสมมติฐาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 165)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบหลังใช้ชุดทดลองกับคะแนนก่อนใช้ชุดทดลอง

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบหลังใช้ชุดทดลองกับคะแนนก่อนใช้ชุดทดลอง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำชุดทดลองไปทดลองวิจัย และพัฒนากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
2. ศึกษาคุณภาพของชุดทดลอง โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ
3. ศึกษาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80
4. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น
5. ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ในการวิจัยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน คือ ตอนที่ 1 การสร้างและการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองโดยใช้เกณฑ์ 80/80 แต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ในการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผู้วิจัยได้กำหนดเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง ระหว่างค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎีและค่าที่ได้จากการทดลองให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 5% และทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลองให้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองจำนวน 5 การทดลอง ๆ ละ 5 ครั้ง ประกอบไปด้วยกิจกรรมการทดลอง ดังนี้

1. การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1
2. การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 2
3. การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน ชนแบบที่ 1
4. การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน ชนแบบที่ 2
5. การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1

ผู้วิจัยทำการทดลอง เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 1 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษา กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1

ครั้งที่	ตัวแปร	ก่อนชน		โมเมนตัม	หลังชน		โมเมนตัม	% ความคลาด
		A	B	รวมก่อนชน	A	B	รวมหลังชน	เคลื่อน
1	เวลา	0.151	0.000	0.053	0.000	0.152	0.053	0.000
	ความเร็ว	0.662	0.000		0.000	0.658		
2	เวลา	0.184	0.000	0.043	0.000	0.185	0.043	0.000
	ความเร็ว	0.543	0.000		0.000	0.541		
3*	เวลา	0.244	0.000	0.033	0.000	0.247	0.032	-3.030
	ความเร็ว	0.410	0.000		0.000	0.405		
4	เวลา	0.173	0.000	0.046	0.000	0.174	0.046	0.000
	ความเร็ว	0.578	0.000		0.000	0.575		
5	เวลา	0.176	0.000	0.045	0.000	0.177	0.045	0.000
	ความเร็ว	0.568	0.000		0.000	0.565		
ค่าเฉลี่ย								- 0.606

กำหนดให้ ระยะทาง = 0.100 เมตร ; มวล A และ มวล B = 0.080 กิโลกรัม
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ; ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ตาราง 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษา กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 2

ครั้งที่	ตัวแปร	ก่อนชน		โมเมนตัม	หลังชน		โมเมนตัม	% ความคลาด
		A	B	รวมก่อนชน	A	B	รวมหลังชน	เคลื่อน
1*	เวลา	0.187	0.249	0.075	0.267	0.188	0.073	- 2.667
	ความเร็ว	0.535	0.402		0.375	0.532		
2	เวลา	0.321	0.347	0.048	0.370	0.324	0.046	- 4.167
	ความเร็ว	0.312	0.288		0.270	0.309		
3	เวลา	0.248	0.427	0.051	0.463	0.253	0.049	- 3.922
	ความเร็ว	0.403	0.234		0.216	0.395		
4	เวลา	0.317	0.238	0.059	0.243	0.338	0.057	- 3.390
	ความเร็ว	0.315	0.420		0.412	0.296		
5	เวลา	0.166	0.193	0.090	0.192	0.174	0.088	- 2.222
	ความเร็ว	0.602	0.518		0.521	0.575		
ค่าเฉลี่ย								- 3.274

กำหนดให้ ระยะทาง = 0.100 เมตร ; มวล A และ มวล B = 0.080 กิโลกรัม
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ; ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

* หมายถึง แสดงตัวอย่างการคิดคำนวณไว้ใน ภาคผนวก ช

ตาราง 3 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลต่างกัน ชนแบบที่ 1

ครั้งที่	ตัวแปร	ก่อนชน		โมเมนตัมรวมก่อนชน	หลังชน		โมเมนตัมรวมหลังชน	% ความคลาดเคลื่อน
		A	B		A	B		
1	เวลา	0.000	0.161	0.050	0.239	0.543	0.048	- 4.000
	ความเร็ว	0.000	0.621		0.418	0.184		
2	เวลา	0.000	0.188	0.043	0.278	0.656	0.041	- 4.651
	ความเร็ว	0.000	0.532		0.360	0.152		
3	เวลา	0.000	0.119	0.067	0.176	0.387	0.066	- 1.493
	ความเร็ว	0.000	0.840		0.568	0.258		
4	เวลา	0.000	0.136	0.059	0.202	0.458	0.057	- 3.390
	ความเร็ว	0.000	0.735		0.495	0.218		
5	เวลา	0.000	0.180	0.044	0.267	0.604	0.043	- 2.273
	ความเร็ว	0.000	0.556		0.375	0.166		
ค่าเฉลี่ย								- 3.161

กำหนดให้ ระยะทาง = 0.100 เมตร ; มวล A = 0.080 กิโลกรัม ; มวล B = 0.160 กิโลกรัม
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ; ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ตาราง 4 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลต่างกัน ชนแบบที่ 2

ครั้งที่	ตัวแปร	ก่อนชน		โมเมนตัมรวมก่อนชน	หลังชน		โมเมนตัมรวมหลังชน	% ความคลาดเคลื่อน
		A	B		A	B		
1	เวลา	0.158	0.255	0.082	0.147	0.329	0.079	- 3.659
	ความเร็ว	0.633	0.392		0.680	0.304		
2	เวลา	0.359	0.193	0.064	0.381	0.199	0.061	- 4.688
	ความเร็ว	0.279	0.518		0.262	0.503		
3	เวลา	0.300	0.156	0.078	0.304	0.164	0.075	- 3.846
	ความเร็ว	0.333	0.641		0.329	0.610		
4	เวลา	0.427	0.192	0.060	0.225	0.364	0.058	- 3.333
	ความเร็ว	0.234	0.521		0.444	0.275		
5	เวลา	0.254	0.156	0.083	0.324	0.145	0.080	- 3.615
	ความเร็ว	0.394	0.641		0.309	0.690		
ค่าเฉลี่ย								- 3.828

กำหนดให้ ระยะทาง = 0.100 เมตร ; มวล A และ มวล B = 0.080 กิโลกรัม
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ; ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1

ครั้งที่	ตัวแปร	ก่อนชน		โมเมนตัมรวมก่อนชน	หลังชน	โมเมนตัมรวมหลังชน	% ความคลาดเคลื่อน
		A	B		A และ B		
1*	เวลา	0.167	0.000	0.048	0.332	0.048	0.000
	ความเร็ว	0.599	0.000		0.301		
2	เวลา	0.178	0.000	0.045	0.362	0.044	- 2.222
	ความเร็ว	0.562	0.000		0.276		
3	เวลา	0.161	0.000	0.050	0.335	0.048	- 4.000
	ความเร็ว	0.621	0.000		0.299		
4	เวลา	0.154	0.000	0.052	0.312	0.051	- 1.923
	ความเร็ว	0.649	0.000		0.321		
5	เวลา	0.227	0.000	0.035	0.471	0.034	- 2.857
	ความเร็ว	0.441	0.000		0.212		
ค่าเฉลี่ย							- 2.200

กำหนดให้ ระยะทาง = 0.100 เมตร ; มวล A และ มวล B = 0.080 กิโลกรัม
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที ; ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

* หมายถึง แสดงตัวอย่างการคิดคำนวณไว้ใน ภาคผนวก ช

หมายเหตุ - โมเมนตัมก่อนชน คือ โมเมนตัมตามทฤษฎี และ โมเมนตัมหลังชน คือ โมเมนตัมที่ได้จากการทดลอง
- แรงที่ผลักในการทดลองแต่ละครั้งไม่เท่ากัน จึงทำให้โมเมนตัมก่อนชนแต่ละครั้งไม่เท่ากัน

จากตาราง 1 - 5 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม จากการชนของวัตถุทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นในการชนแบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยผู้วิจัยนำผลจากการคำนวณหาโมเมนตัมรวมก่อนชนและโมเมนตัมรวมหลังชนที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการทดลองที่คำนวณได้จากทฤษฎี กับผลการทดลองที่คำนวณได้จากการทดลองจริง ผลปรากฏว่า มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ไม่เกิน $\pm$ 5% ทุกการทดลอง ดังตัวอย่างการคำนวณ (ในภาคผนวก ช)

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ซึ่งผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพชุดทดลองและคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 6 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ด้านที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวคนที่					$\bar{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	4.40	4.20	4.20	4.40	4.40	4.32	0.01	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน	4.67	4.00	3.83	3.33	4.00	3.97	0.23	ดี
3. การบำรุงรักษา และการซ่อมแซม	3.50	4.75	4.00	3.75	4.25	4.05	0.23	ดี
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน	3.80	4.80	4.20	5.00	5.00	4.56	0.29	ดีมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.09	4.44	4.06	4.12	4.41	4.22	0.03	ดี

จากตาราง 6 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีค่าเฉลี่ย 4.32 อยู่ในระดับดี ด้านลักษณะการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 3.97 อยู่ในระดับดี ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม มีค่าเฉลี่ย 4.05 อยู่ในระดับดี และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับดีมาก โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.22 ซึ่งอยู่ในระดับดี

ทั้งนี้การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ และได้นำคู่มือการใช้ชุดทดลองไปประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ด้านที่ประเมิน	ผลการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวคนที่					$\bar{X}$	S.D.	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน	4.10	4.30	4.40	4.60	4.80	4.44	0.07	ดี
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู	4.20	4.40	3.80	4.60	5.00	4.40	0.20	ดี
ภาพรวมเฉลี่ย	4.15	4.35	4.10	4.60	4.90	4.42	0.14	ดี

จากตาราง 7 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ พบว่า คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียน และครู โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.42 อยู่ในระดับดี

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากคำถามปลายเปิดของแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ และคู่มือการใช้ชุดทดลองของนักเรียน และครู สรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1.1 การแสดงผลการจับเวลาการเคลื่อนที่หลังการชน ให้แสดงผลเช่นเดียวกับก่อนชน ไม่ต้องให้นำมาลบกัน เพื่อลดขั้นตอนในการคำนวณ

1.2 มวลของรถทดลองปรับให้มีน้ำหนักที่มีขนาดให้ง่ายต่อการคำนวณ เช่น จาก 0.08 กิโลกรัม ให้เป็น 0.1 กิโลกรัม

1.3 การเพิ่มมวลของรถทดลองที่ทำให้สะดวกและคลาดเคลื่อนน้อยลง ก็คือ การทำรถทดลองให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม จะช่วยตัดปัญหาการต่อของรถทดลองที่ต่อไม่สนิท ซึ่งจะมีผลต่อการเคลื่อนที่มีพื้นที่สัมผัสกับราง ทำให้เกิดแรงเสียดทาน

1.4 ติดรอกที่ปลายราง และติดสเกลที่ตัวราง เพื่อนำไปใช้กับการทดลองเรื่องอื่น ๆ เช่น ในการทดลองเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการหาความเร่งของวัตถุ เป็นต้น

1.5 ใช้หัวต่อสายสัญญาณแทนการใช้ดินน้ำมัน เพื่อความแข็งแรงและความเรียบร้อยของชิ้นงาน

2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู

2.1 การเฉลยแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมยังไม่ละเอียด

2.2 การสรุปผลการทดลอง ควรมีความชัดเจนมากขึ้น

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองจากการทดลองโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในการเรียนการสอนกับแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดลอง 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 8 แสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบท้ายกิจกรรมการทดลองระหว่างเรียน

กิจกรรมการทดลอง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น	20	18.47	92.33
2. ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	30	26.27	87.55
รวม	50	44.73	89.47

จากตาราง 8 พบว่านักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 18.47 คิดเป็นร้อยละ 92.33 และกิจกรรมการทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 26.27 คิดเป็นร้อยละ 87.55 รวมทุกกิจกรรมการทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 44.73 คิดเป็นร้อยละ 89.47 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และนักเรียนสามารถทำการทดลองท้ายกิจกรรมการทดลองได้ตามเกณฑ์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง และแบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	ประสิทธิภาพของชุดทดลอง	ร้อยละ
1. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง	50	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบแบบ ฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองได้ถูกต้อง	89.47 (E_1)
2. แบบทดสอบหลังเรียน	30	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบได้ถูกต้อง	82.67 (E_2)

จากตาราง 9 พบว่าร้อยละของคะแนนจากการตอบแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองต่อแบบทดสอบหลังเรียน คือ 89.47 / 82.67 สรุปว่าประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากคะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียน เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์	คะแนนสอบก่อนเรียน N = 15		คะแนนสอบหลังเรียน N = 15		t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านความรู้ ความจำ	1.06	0.96	4.60	0.50	4.29	.001
2. ด้านความเข้าใจ	4.20	1.26	9.26	0.79	12.86	.000
3. ด้านการนำไปใช้	1.26	1.38	5.20	0.67	3.53	.003
4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1.80	0.86	5.73	1.03	8.08	.000
รวม 30 ข้อ	8.33	2.16	24.80	1.26	14.94	.000

จากตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังการเรียน ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ($p < .05$) ในทุกด้านของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละด้านทั้งด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียน และหลังเรียน เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านจากการตอบแบบสอบถามก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน

ด้านที่วัดเจตคติ	คะแนนเต็ม	คะแนนเจตคติก่อนเรียน N = 15		คะแนนเจตคติหลังเรียน N = 15		t	P
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง	50	33.13	0.53	35.46	0.56	23.82	.000
2. ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง	50	31.40	0.32	34.53	0.25	37.71	.000
3. ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง	50	35.07	0.62	39.33	0.42	21.65	.000
รวม	150	99.60	0.45	109.32	0.32	28.19	.000

จากตาราง 11 คะแนนเฉลี่ยของผลการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนการเรียน และหลังการเรียน ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ($p < .05$) ในทุกด้าน แสดงว่า นักเรียนมีเจตคติด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลองสูงขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติหลังเรียนอยู่ในระดับเห็นด้วย

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำชุดทดลองไปศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้ได้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ ในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ
4. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

1. ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์
2. ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางการศึกษา ได้ผลตามเกณฑ์ 80/80
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สูงกว่าก่อนเรียน
4. ผู้เรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนแบบ 1 มิติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ขั้นตอน และมีวิธีการดังนี้ กำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1. ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวกับการสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขอบเขตเนื้อหาวิชาและสาระการเรียนรู้ ตลอดจนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

2. ออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดทดลอง

3. กำหนดวัตถุประสงค์ – อุปกรณ์ ในการสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

4. สร้างชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

5. ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยทำการทดลอง นำผลการทดลองคำนวณหาความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากชุดทดลองเทียบกับการคำนวณจากทฤษฎีมีค่าไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์

6. สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อช่วยแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลอง และความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใน 1 มิติ

1. สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1มิติ

2. นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นทั้งชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

1. นำชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ทดลองใช้ในการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาสอน 16 คาบ คาบละ 50 นาที

2. ทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง จากการทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองระหว่างเรียน และจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ตามเกณฑ์ 80/80

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบหาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้วิจัยทดลองใช้ชุดทดลอง การทดลองละ 5 ครั้ง ให้ได้ผลการทดลองที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับการคำนวณตามทฤษฎี ให้มีความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์

2. ประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยการหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

3. หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลองได้ถูกต้องและคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ถูกต้องตามเกณฑ์ 80/80

4. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจากชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยใช้สถิติ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

5. วิเคราะห์เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง ด้วยคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สรุปได้ดังนี้

ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สามารถใช้ทดลอง และให้ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีมีค่า ไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซนต์

2. การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

2.1 คุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน อยู่ในระดับดี

2.2 คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับครูและสำหรับนักเรียน อยู่ในระดับดี

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษา โดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีประสิทธิภาพ 89.47/82.67 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เมื่อนำชุดทดลอง ไปทดลองสอนกับนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ก่อนและหลังเรียน พบว่า มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในแต่ละด้าน ทั้งด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน

5. การศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลองเฉลี่ยหลังเรียน สูงกว่า เจตคติเฉลี่ยก่อนเรียน เมื่อพิจารณาเจตคติต่อชุดทดลองในแต่ละด้าน ทั้งด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง หลังเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์

1.1 การสร้าง ผู้วิจัยการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ และกำหนดวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง โดยศึกษาชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากของเดิมที่มีผู้สร้างขึ้น และนำรูปแบบมาพัฒนาและปรับปรุงให้มีความเหมาะสมและมีความสะดวกในการทดลองยิ่งขึ้น และได้รับคำแนะนำจากประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ในการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 รางลม ผู้วิจัยเลือกใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุที่ใช้สร้างรางลมสำหรับการเคลื่อนที่ของรถทดลอง เนื่องจากอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และผิวเรียบ ช่วยลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี สามารถเจาะรูให้ลมผ่านได้ง่ายให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เพื่อ

ให้ลมที่ผ่านออกมาจากรูที่เจาะมีความแรงพอที่จะสามารถยกรถทดลองให้ลอยช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างรางลมกับรถทดลองได้ รวมทั้งการติดตั้งขาตั้งที่สามารถปรับระดับได้ เพื่อการปรับระดับรางให้อยู่ในแนวระดับมากที่สุด เพื่อไม่ให้มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถทดลองระหว่างการทดลอง

1.1.2 รถทดลอง ผู้วิจัยเลือกใช้แผ่นพลาสติกใส เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และผิวเรียบ ที่ช่วยลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ และปรับน้ำหนักของรถทดลองได้ในระหว่างการสร้างที่ต้องการให้มวลของรถทดลองมีขนาดที่เท่ากัน ส่งผลให้ผลการทดลองมีความถูกต้องตามกฎและทฤษฎี

1.1.3 เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยออกแบบการจับเวลาในการเคลื่อนที่ของรถทดลองด้วยแสงอินฟราเรด และแสดงผลด้วยตัวเลขทศนิยมสามตำแหน่ง ที่มีความเที่ยงตรงในการจับเวลาการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งต่าง ๆ อย่างแน่นอน รวมทั้งการบีบแสงอินฟราเรดให้มีลำแสงที่เล็กที่สุด ทำให้การจับตำแหน่งการเคลื่อนที่ มีความแน่นอนมากยิ่งขึ้น

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองการชนทั้งแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น การชนกันของวัตถุที่มีมวลเท่ากันและไม่เท่ากัน เปรียบเทียบค่าของโมเมนตัมรวมก่อนชนกับโมเมนตัมรวมหลังชน พบว่า มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในความคลาดเคลื่อนจากการทดลองนั้น อาจจะมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังถูกชนมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ เนื่องจากรางลมไม่อยู่ในแนวระดับ และแรงลมที่ออกจากรางลมมีทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกับผิวของรางลมและรถทดลองอันเนื่องจากแหล่งกำเนิดของแรงลมนั้นมาจากด้านใดด้านหนึ่งของรางลมเพียงด้านเดียว จึงอาจทำให้ทิศทางของกระแสลมที่ออกจากรางลมไปต้านการเคลื่อนที่ของรถทดลองนั่นเอง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สามารถสรุปได้ว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการทำงานได้โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติได้ รวมทั้งเป็นการกระตุ้นให้ครูผู้สอนได้รู้จักพัฒนาสื่อการเรียนการสอนจากทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ามากที่สุด

2. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในการเรียนการสอน ปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง ได้รับคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ร้อยละ 89.47/82.67 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจมีสาเหตุด้วยกันหลายประการ ดังนี้

ประการแรก เนื่องมาจากผู้วิจัยออกแบบชุดทดลองมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้และหลักการเรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองทุกกิจกรรมการทดลองและอภิปรายผลการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างถูกต้อง โดยผ่านกระบวนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดีและดีมาก เป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทดลองเพื่อสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ นิพนธ์ สุขปรีดี (2521 : 13 – 16) ที่กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอน เป็นการถ่ายทอดความรู้และความคิดระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเครื่องช่วยให้บทเรียนง่ายขึ้น เพราะสื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ครูสามารถถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทัศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าในเรื่องราวที่สอน ซึ่งจะเป็นรากฐานให้เกิดความเข้าใจและความจำอย่างถาวร

ประการที่สอง ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สร้างและพัฒนาขึ้นให้มีความทันสมัย โดยนำเอาเทคโนโลยีใหม่เข้ามาช่วยในการวัดค่าปริมาณที่ต่าง ๆ เกี่ยวข้องได้สะดวกและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนมีความสนใจและปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยความสนุกสนาน เพลิดเพลิน มีคู่มือการใช้ชุดทดลองประกอบการทดลองที่แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของชุดทดลอง วิธีการทดลอง ภาพประกอบ ตารางบันทึกผลการทดลอง และคำท้ายกิจกรรมการทดลอง ที่ทำให้นักเรียนทบทวนความเข้าใจและความคิดรวบยอดของเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงเดือน เทศวานิช (2531 : 170) ที่กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง เรียนรู้ได้มาก จะช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสหลายทาง ซึ่งทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และจดจำได้นาน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นสื่อการเรียนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในบทเรียนได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกด้านที่วัด คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพการใช้งานให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลการทดลองถูกต้องตามทฤษฎีทุกครั้ง เป็นผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ถูกต้อง

ประการที่สอง ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นชุดทดลองที่ได้พัฒนาขึ้นจากชุดทดลองที่มีอยู่เดิม โดยได้นำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาในการวัดความเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่ซึ่งแสดงผลได้อย่างแม่นยำ รวมทั้งสามารถทำการทดลองได้หลาย ๆ ครั้ง ได้ในระยะอันสั้น และให้ผลการทดลองที่ตรงตามกฎและทฤษฎี ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง อนึ่ง สื่อการเรียนการสอนนี้เป็นการสร้างสถานการณ์จำลองที่สามารถถ่ายทอดให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหายิ่งขึ้น

ประการที่สาม ชุดทดลองเป็นสื่อการเรียนที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ กิดานันท์ มะลิทอง (2540 : 88) ที่กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอน เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และนิพนธ์ สุขปรีดี (2521 : 15) สื่อการเรียนการสอน จะช่วยถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทัศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าของเรื่องราวที่สอน และทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างถูกต้อง

สรุปได้ว่า ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และนักเรียนที่เรียนโดยชุดทดลองนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทุกด้านสูงขึ้น

4. เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้าน คือ ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 อาจเนื่องมาจากชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เป็นชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ให้ผลการทดลองตรงตามกฎและทฤษฎี น่าสนใจ ทำให้

ผู้เรียนอยากทดลอง รู้สึกสนุกสนานในขณะทำกิจกรรมการทดลอง จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มงคล จงสุพรรณพงศ์ (2543 : 104) ที่ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ พบว่า อยู่ในระดับดี และ ประนอม หมอกกระโทก (2545 : 73) ที่ศึกษาเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง พบว่า เจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สรุปได้ว่าชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีความเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไปเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. การชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ไปใช้ควรศึกษาวิธีการใช้ โดยศึกษาจากคู่มือการใช้ชุดทดลองให้เข้าใจก่อน และควรจะตรวจสอบระบบการทำงานของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือหรือจุดประสงค์ของผู้นำชุดทดลองไปใช้

2. อุปกรณ์บางชนิดเป็นการใช้งานเฉพาะอย่างที่หาซื้อไม่ได้ตามท้องตลาด และอาจมีราคาแพง ต้องคิดและดัดแปลงเอาทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการสร้างสรรค์งานใหม่ ๆ

3. การสร้างชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ควรทำการปรับปรุงส่วนที่ยังบกพร่องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ และวิทยาศาสตรศึกษา ที่ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะดังนี้

3.1 ออกแบบรางให้สามารถถอดประกอบได้ หรือแยกส่วนได้จะทำให้สะดวกในการขนย้าย

3.2 ติดสเกลที่ด้านข้างของตัวรางลม เพื่อวัดระยะทางบนราง

3.3 ระบบต่อท่อลมเข้าสู่รางลม ควรจัดอุปกรณ์หรือปรับปรุงให้ดีกว่าที่เป็นอยู่

3.4 ติดรอกที่ปลายราง เพื่อใช้ทดลองเรื่องอื่น ๆ เช่น ความเร่ง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เป็นต้น

3.5 กำหนดตำแหน่งการวัดไว้ที่วัตถุให้มีระยะทาง 10 เซนติเมตร จะทำให้วัดระยะทางได้ง่ายกว่าการวัดที่รูที่แสงผ่าน ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า

3.6 การเพิ่มมวลของรถทดลองให้ใช้วิธีการทำรถทดลองให้มีขนาดใหญ่กว่าแทนการนำรถมาต่อกัน จะช่วยลดปัญหาการชนกันไม่สนิท จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ (มีพื้นที่สัมผัสกับราง ทำให้เกิดแรงเสียดทาน)

3.7 ปรับปรุงการต่อสายนำสัญญาณกับขาจับสายสัญญาณให้มีมาตรฐานโดยใช้หัวต่อแทนการใช้ดินน้ำมัน

3.8 ปรับขนาดของรถทดลองควรปรับมวลของรถแต่ละคันจาก 0.08 กิโลกรัม ให้เป็น 0.1 กิโลกรัม เพื่อง่ายต่อการคำนวณยิ่งขึ้น

3.9 แหล่งกำเนิดแรงลม ควรจัดทำกล่องใส่เพื่อความสวยงามและป้องกันเสียงที่ดัง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้สามารถใช้ศึกษาเรื่องอื่น ๆ ได้ เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แรงเสียดทาน และพื้นเอียง เป็นต้น

2. พัฒนาประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ให้สูงขึ้นโดยพัฒนาและปรับปรุงส่วนประกอบของชุดทดลองที่เป็นจุดอ่อนที่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี เช่น การปรับรูปแบบของรางลม การออกแรงผลักรถทดลองด้วยความเร็วสม่ำเสมอทุกครั้ง

3. ควรพัฒนากิจกรรมการเรียนโดยให้ผู้เรียนนำความรู้ ไปสร้างและพัฒนาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่น ๆ ด้วยตนเอง

4. ควรมีการศึกษาผลการเรียนด้วยการเรียนโดยใช้ชุดทดลองในเรื่อง อื่น ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

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

เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตรและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.

ฉลอง ภิรมย์รัตน์. (2536). *จิตวิทยาสังคม*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ประจักษ์การพิมพ์.

ดวงเดือน เทศวานิช. (2531). *หลักการสอนทั่วไป*. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ดิสคัฟเวอรี.

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

ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ ธูปพนม และ ปรีชาญ เดชศรี. (2526). "การวัดผลและประเมินผลทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์," *ในเอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 8-15*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

นิคม ทาแดง และ สุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2525). *เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ โชตินันท์. (2524). *ความสัมพันธ์ระหว่างการอ่านวารสารทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ ในกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

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

นิพนธ์ แจ้งเอี่ยม. (2525). *จิตวิทยาสังคม*. กรุงเทพฯ : เอกมัยการพิมพ์.

นันทนัช จิระศึกษา. (2544). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลงโดยใช้การสอนแบบบูรณาการตามแบบวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บุปผชาติ เรืองสุวรรณ. (2530). *การศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2529*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร

ประนอม หมอกกระโทก. (2545). *การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). *ทัศนคติ : การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีระพัฒนา.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). "หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่", *สารสารนิเทศการศึกษาฉบับที่ 233.* กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและการการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

----------. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พัชนี กรกวิน. (2529). *จิตวิทยาสังคม.* กรุงเทพฯ : สถานสงเคราะห์หญิงปากเกร็ด.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2529, กรกฎาคม-เมษายน). "ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์", *วารสารวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอน.* 1(1) : 10 – 15.

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

ภพ เลาหไพบูลย์. (2534). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา.* เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล

มงคล จงสุพรรณพงศ์. (2543). *การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอร์เรเตอร์เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). *ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนมติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. บัณฑิตวิทยาลัย. (2540). *คู่มือการเรียบเรียงปริญญานิพนธ์.* กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยฯ.

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

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.

วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530). *การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์.

วิรัช ขันตยานุกูลกิจ. (2536). *การทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนจ่าการบุญ พิษณุโลก.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แววตา ตันวัฒนกุล. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านมโนมติทางฟิสิกส์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองที่มีแผ่นโปร่งใสซ้อนภาพประกอบ กับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : บริษัทต้นอ้อ 1999 จำกัด.

----------. (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : ธนพร.

----------. (2545). *เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544*. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

ศศิเกษม ทองยงค์ และ ลีลา สีมานุเคราะห์. (2524). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ สรุปเนื้อหาตามหลักสูตรใหม่ 2522*. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

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

----------. (2526). "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ลักษณะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์," *เอกสารประกอบการสัมมนาการสอนวิทยาศาสตร์ พ.ศ.2526*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ. อัดสำเนา.

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

สมนึก บุญไสว. (2534, มกราคม-มีนาคม). "การแก้ปัญหากับมโนมิติในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์," *วารสาร สสวท*. 45(3) : 19.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). *แนวการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ : คุรุสภา.

----------. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ : คุรุสภา.

----------. (2542). *การปฏิรูปการศึกษาในมุมมองของเด็กไทย*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

----------. (2543). *ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ พ.ศ.2543*. กรุงเทพฯ : บริษัท เซเว่น พริ้นติ้งกรุ๊ปจำกัด.

สุมาลี ดำรงไชย. (2537). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (เอกมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

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

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา. เขตการศึกษา 1.(2535). *วารสารราชมนูควิทย์*. ฉบับที่ 1.

อนันต์ จันทร์กวี. (2523). *ผลการใช้คำถามของครูที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์และทัศนคติของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเขตกรุงเทพมหานคร*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา.

อัญชลี บุญถนอม. (2542). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบค้นพบโดยใช้เกมกับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

Aiken, L.R. (1985, March). "Attitudes toward Mathematics and Science in Iranian Middle School," *School Science and Mathematics."* 79(3) : 290.

Allport, G. W. (1976). *Attitude : Reading in Attiude Theory and Measurement.* New York : John Wiley and Sons.

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

Francis, George Harold. (1977, April). "An Experiment Study of the Effectiveness of Self Instruction versus the Lecture Demonstration Method of Teaching Phase of Electricity," *Dissertation Abstracts International.* 27 : 3338 – A.

Haladyna, I. and Shaughnessy,J. (1982, April). "Attitude Toward Science : A Quantitative Synthesis," *Science Education.* 66(4) : 547 – 563.

Harkoos, Gerry D. and Penick, John E. (1983, October). "The Influence of Classroom Climate on Science Process And Content Achievement of Community College Students," *Journal of Research in Science Teaching.* 30(3) : 629 - 637.

Pappelis, C.K. and others. (1980, March). "Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Predental Students," *Journal of Research in Science Teaching.* 17(1) : 25 – 29.

Selim, M.A.M. (1982, January). "The Effect of Discovery and Expository Teaching on Science Achievement and Science Attitude of Male and Female Fifth Grade Students in Egypt," *Dissertation Abstracts International.* 42(7) : 3001 – A.

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

Strawitz, B.M. and Malone, M.R. (1987, January). "Preservice Teachier's Acqutition and Retention of Intergrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher-Directed and Self-Instructional Strategies," *Journal of Research in Science Teaching.* 24( ) : 53 - 60.

Traindis, Hary C. (1971). *Attitude and Attitude Change.* New York : John Wiley and Son.

Vanek, F.A.P. (1974, September). "A Comparative Study of Selected Science Teaching Material (EES) and a Textbook Approach on Classifying," *Dissertation Abstracts International.* 35 : 1522 – A.

Vitrogan, D. (1967, March). "A Method for Determining a Generalized Attitude of High School Students Toward Science," *Science Education.* 52(3) : 170 – 175.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง และความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

1. อาจารย์ รังสรรค์ ศรีสาคร สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร
2. อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพ็ชรมีศรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
4. อาจารย์นิติพงษ์ ยาวไธสง โรงเรียนเขาย้อยวิทยา อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี
5. อาจารย์ประสิทธิ์ มากมูล โรงเรียนเขาย้อยวิทยา อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ทม 1012/ 1484 **วันที่** // กุมภาพันธ์ 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นายนพพร เสนีย์คุปต์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพ็ชรมีศรี และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบวัดเจตคติ ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบ แบบประเมิน และแบบวัดเจตคติ ให้ นายนพพร เสนีย์คุปต์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1012/1490

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

11 กุมภาพันธ์ 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการ สสวท.

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และชุดทดลอง

เนื่องด้วย นายนพพร เสนีย์คุปต์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดี ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง และแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน และชุดทดลอง ให้ นายนพพร เสนีย์คุปต์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731
โทรสาร. 02-258-4119

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ โทรศัพท์ มือถือ 01-7564433

ที่ ทม 1012/3567

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

1 เมษายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเขาย้อยวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายนพพร เสนีย์คุปต์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ประสิทธิ์ มากมูล และ อาจารย์นิติพงษ์ ยาวไชสง เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินกิจกรรมการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินให้ นายนพพร เสนีย์คุปต์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618
โทรสาร. 02-258-4119

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 032-439242 มือถือ 01-7564433

ที่ ทม 1012/4267

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

14 พฤษภาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายนพพร เสนีย์คุปต์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเบนดัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (แผนกวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์) จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อหาความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2546

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายนพพร เสนีย์คุปต์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618
โทรสาร. 02-258-4119

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 032-562305 มือถือ 01-7564433

ที่ ทม 1012/ 4151

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

14 พฤษภาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ใหญ่โรงเรียนเขาย้อยพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ แบบวัดเจตคติ และชุดทดลอง

เนื่องด้วย นายนพพร เสนีย์คุปต์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (แผนกวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์) จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ เพื่อหาความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2546

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายนพพร เสนีย์คุปต์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618
โทรสาร. 02-258-4119

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 032-562305 มือถือ 01-7564433

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
- ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
- แบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครูและนักเรียน
- แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
- แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง ของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาว่าจุดประสงค์ของการทดลองแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับการทดลองที่สร้างขึ้นจริงหรือไม่ ให้ท่านพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1	หมายถึง	จุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
-1	หมายถึง	จุดประสงค์ของการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับการทดลอง

โปรดตอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน +1 , 0 , -1 แล้วแต่กรณี

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

การจัดกิจกรรมการทดลอง ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการทดลองเป็น 2 กิจกรรม และประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น

การทดลองที่ 1 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1 และแบบที่ 2
การทดลองที่ 2 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1 และแบบที่ 2
การทดลองที่ 3 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1 และแบบที่ 2

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

การทดลองที่ 4 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1
การทดลองที่ 5 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2
การทดลองที่ 6 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1
การทดลองที่ 7 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2
การทดลองที่ 8 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

ตารางที่ 12 ตารางประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การทดลองกับเนื้อหาการทดลอง

กิจกรรม	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
กิจกรรมที่ 1 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น	1. บอกความหมายของโมเมนตัม และหาค่าโมเมนตัมของวัตถุได้				....
	2. เพื่อศึกษาแรงกระทำต่อวัตถุ และบอกได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใดจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง				....
	3. นักเรียนทำการทดลอง เรื่อง การชนของวัตถุแล้ว สามารถอธิบายได้ว่าวัตถุสองสิ่งชนกันจะถ่ายโอนโมเมนตัมให้กับวัตถุที่ถูกชนได้				....
	4. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการชนของวัตถุแบบต่าง ๆ ได้				....
กิจกรรมที่ 2 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและสามารถอธิบายลักษณะการชนของวัตถุ และแยกประเภทของการชนได้ โดยอาศัยกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน				....
	2. สามารถคำนวณหาแรง ความเร็ว ความเร่ง มวล ระยะทาง และปริมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการชนหรือดีดออกจากกันได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานได้				....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ประเมิน

ตาราง 13 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้าน					ลำดับความสำคัญ
	1	2	3	4	รวม (ข้อ)	
1. บอกความหมายของโมเมนตัม และหาค่าของ โมเมนตัมของวัตถุได้ เมื่อกำหนดมวล และความเร็วของ วัตถุให้	-	2	-	-	2	6
2. อธิบายได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใดจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง	1	1	-	-	2	6
3. อธิบายได้ว่า แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือแรงที่ทำให้มีการเปลี่ยนโมเมนตัมขึ้นอยู่กับ มวล ความเร็ว และช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัมนั้น	-	1	-	1	2	6
4. บอกความหมาย และคำนวณหาการดล และแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้	-	4	-	-	4	3
5. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุได้ว่า พื้นที่ใต้กราฟคือ ขนาดของการดล และสามารถหาค่าแรงดลเฉลี่ยจากกราฟได้	-	-	4	-	4	3
6. ทำการทดลองการชนของวัตถุใน 1 มิติ และบอกได้ว่าเมื่อวัตถุ 2 สิ่งชนกัน วัตถุที่วิ่งเข้าชนกันจะถ่ายโอนโมเมนตัมให้กับวัตถุที่ถูกชน	1	2	-	-	3	5
7. อธิบายลักษณะการชน และแยกประเภทของการชนได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน	3	3	1	-	7	1
8. คำนวณหาแรง ความเร็ว ความเร่ง มวล ระยะทาง เวลา และปริมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการชนหรือดีดตัวออกจากกันได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	-	5	1	-	6	2
รวม	5	18	6	1	30	-

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่วชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

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

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

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

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

<u>ตอนที่ 1</u> วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

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

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ❑ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

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

<u>ตอนที่ 3</u> ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

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

ตารางที่ 14 ตารางการประเมินชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 รูปทรงและขนาด ออกแบบให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง	.....	.....	.....	.....	.....
1.5 ส่วนแสดงผลของชุดจับเวลาแสดงผลการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 สามารถทำงานได้หลายการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองมีความเชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 ประหยัดกระแสไฟฟ้าในการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.6 ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	.....	.....	.....	.....	.....
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
3.3 วัสดุอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย	.....	.....	.....	.....	.....
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน					
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	.....	.....	.....	.....	.....
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง	.....	.....	.....	.....	.....
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	.....	.....	.....	.....	.....

<u>ตอนที่ 4</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

คำชี้แจง : แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียน
2. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับครู

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร-ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ❑ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

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

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

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

ตารางที่ 15 ตารางการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียน					
1. เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดการทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....
2. เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
3. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	.....	.....	.....	.....	.....
4. เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
5. กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	.....	.....	.....	.....	.....
6. มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
7. นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
8. เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
9. คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
10. คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับครู					
11. สรุปและอภิปรายผลหลังการทดลองเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
12. แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
13. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
14. เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
15. คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....

<u>ตอนที่ 3</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์
เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านการศึกษา ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

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

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา ด้านการศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตรศึกษา ด้านการศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านการศึกษา ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

<u>ตอนที่ 1</u> วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

<u>ตอนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ❑ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ ..... นามสกุล .....
2. ระดับการศึกษา
   - ❑ ปริญญาตรี
   - ❑ ปริญญาโท
   - ❑ ปริญญาเอก
   - ❑ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน
   - ❑ วิชาฟิสิกส์
   - ❑ วิทยาศาสตรศึกษา
   - ❑ การศึกษา
   - ❑ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

   จำนวน ..... ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

   ตำแหน่ง .....

   สังกัด .....

<u>ตอนที่ 3</u> ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้

แบบทดสอบมีทั้งหมด 85 ข้อ จะมีลักษณะอิงเนื้อหาเกี่ยวกับโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำแนกเป็น

1.	ความรู้ – ความจำ	จำนวน 10 ข้อ
2.	ความเข้าใจ	จำนวน 24 ข้อ
3.	การนำไปใช้	จำนวน 10 ข้อ
4.	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวน 41 ข้อ

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ และพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ที่ต้องการจะวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่าน จากระดับคะแนนดังต่อไปนี้

+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น
-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์และพฤติกรรมนั้น

ตารางที่ 16 การประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				

ข้อสอบข้อที่	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				

ตอนที่ 4 **ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

แบบประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง
เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับคุณภาพของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ชื่อ – สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ) .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับพฤติกรรมความคิดเห็นที่ต้องวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่าน จากระดับคะแนนดังต่อไปนี้

+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ลักษณะของข้อคำถาม มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมแสดงความคิดเห็นที่ต้องการวัด

ตารางที่ 17 ตารางประเมินแบบทดสอบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อที่	ลักษณะข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	เชิงบวก				
2	เชิงบวก				
3	เชิงบวก				
4	เชิงบวก				
5	เชิงบวก				
6	เชิงลบ				
7	เชิงบวก				
8	เชิงบวก				
9	เชิงบวก				
10	เชิงบวก				
11	เชิงบวก				

ข้อที่	ลักษณะข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
12	เชิงลบ				
13	เชิงบวก				
14	เชิงลบ				
15	เชิงบวก				
16	เชิงบวก				
17	เชิงบวก				
18	เชิงบวก				
19	เชิงลบ				
20	เชิงบวก				
21	เชิงบวก				
22	เชิงบวก				
23	เชิงบวก				
24	เชิงบวก				
25	เชิงบวก				
26	เชิงบวก				
27	เชิงบวก				
28	เชิงบวก				
29	เชิงบวก				
30	เชิงบวก				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์

เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 30 ข้อ เวลา 2 ชั่วโมง

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก
2. ให้นักเรียนเขียน ชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบ ที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่แจกให้
4. ห้ามขีดเขียน ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบทดสอบ

---

1. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

   1. โมเมนตัม คือ ปริมาณที่ใช้บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
   2. โมเมนตัมมีค่าเท่ากับผลคูณของมวลกับความเร็วของวัตถุนั้น

   ข้อความใดเหมาะสมที่สุด

   ก. ข้อ 1 และ ข้อ 2 ถูก ข้อ 1 ทำให้ความหมาย ข้อ 2 ชัดเจน

   ข. ข้อ 1 และ ข้อ 2 ถูก ข้อ 2 ทำให้ความหมาย ข้อ 1 ชัดเจน

   ค. ข้อ 1 ถูก และ ข้อ 2 ผิด

   ง. ข้อ 1 ผิด และ ข้อ 2 ถูก

2. เมื่อความเร็วของวัตถุชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า จะได้ว่า

   ก. ความเร่งของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

   ข. โมเมนตัมของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

   ค. พลังงานจลน์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

   ง. พลังงานศักย์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

3. ขว้างลูกบอลมวล m กระทบกำแพงด้วยอัตราเร็ว v ในแนวตั้งฉากกับกำแพง พบว่าลูกบอลสะท้อนกลับแนวเดิมด้วยอัตราเร็ว v แรงในข้อใดที่ทำให้โมเมนตัมของลูกบอลเปลี่ยนไป

   ก. แรงลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์

   ข. แรงที่ลูกบอลกระทำกับกำแพง

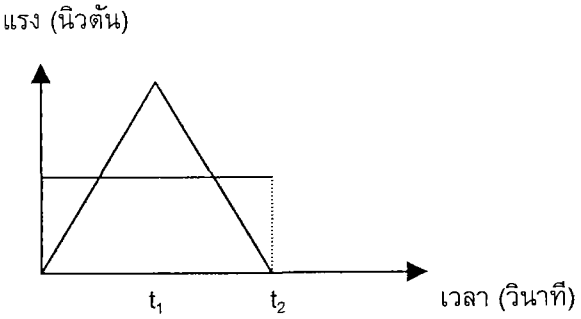
   ค. แรงที่ใช้ขว้างลูกบอล

   ง. แรงที่กำแพงกระทำต่อลูกบอล

4. วัตถุก้อนหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เกิดระเบิดขึ้นเป็น 2 เสี่ยง โดยเสี่ยงแรกมีมวล 3 เท่าของเสี่ยงที่สอง แล้วเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที อยากทราบว่าเสี่ยงที่สองเคลื่อนที่ไปทางใด มีความเร็วเท่าใด
   ก. ไปทางเหนือ 5 เมตร/วินาที
   ข. ไปทางใต้ 5 เมตร/วินาที
   ค. ไปทางเหนือ 10 เมตร/วินาที
   ง. ไปทางใต้ 10 เมตร/วินาที

5. ถ้ามวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\bar{u}$ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ Δt ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น $\bar{v}$ แรงคงตัวนั้นมีค่าเท่าไร
   ก. $(m\bar{v} - m\bar{u})/\Delta t$
   ข. $(m\bar{v} + m\bar{u})/\Delta t$
   ค. $(mv - mu)/\Delta t$
   ง. $(mv + mu)/\Delta t$

6. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อเวลาผ่านไป t_2 วัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร



   ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองมีค่าเท่ากัน
   ข. แรงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง มีค่าเท่ากันเสมอ
   ค. พลังงานจลน์รวมของวัตถุทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่
   ง. ไม่มีข้อถูก

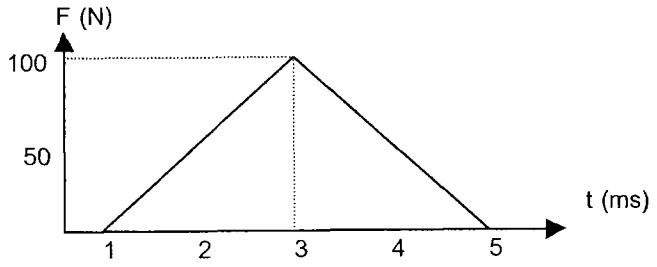
7. ภาราดรตบลูกเทนนิสที่กำลังลอยเข้าหาตัวในแนวระดับด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ให้สะท้อนกลับออกไปในแนวเดิมด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินาที โดยลูกเทนนิสกระทบไม้นาน 0.02 วินาที ถ้าลูกเทนนิสมีมวล 0.1 กิโลกรัม จงหาขนาดการดลของลูกเทนนิส
   ก. 5 นิวตัน.วินาที
   ข. 10 นิวตัน.วินาที
   ค. 15 นิวตัน.วินาที
   ง. 20 นิวตัน.วินาที

8. จากข้อ 7 แรงเฉลี่ยที่ไม้เทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิสมีค่าเท่าใด
   ก. 100 นิวตัน
   ข. 150 นิวตัน
   ค. 200 นิวตัน
   ง. 250 นิวตัน

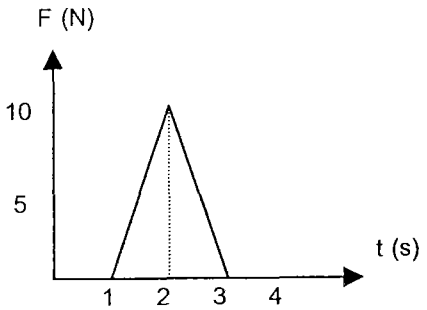
9. นักกีฬาเตะลูกบอลมวล 200 กรัม ด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที อัดกำแพง แล้วลูกบอลสะท้อนสวนออกมาด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม จงหาค่าเฉลี่ยของแรงที่กระทำต่อลูกบอล ถ้าลูกบอลกระทบกำแพงอยู่ในช่วงเวลา 0.05 วินาที
   ก. 0.1 นิวตัน
   ข. 10 นิวตัน
   ค. 20 นิวตัน
   ง. 40 นิวตัน

10. ก้อนหินมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที จะต้องใช้แรงขนาดเท่าใด จึงสามารถหยุดก้อนหินนี้ได้ในช่วงเวลา 5×10^{-3} วินาที
    ก. 1,200 นิวตัน
    ข. 2,400 นิวตัน
    ค. 3,600 นิวตัน
    ง. 4,800 นิวตัน

11. วัตถุก้อนหนึ่งถูกแรงกระทำดังกราฟ ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป จงหาแรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุนั้น
    ก. 20 นิวตัน
    ข. 30 นิวตัน
    ค. 40 นิวตัน
    ง. 50 นิวตัน

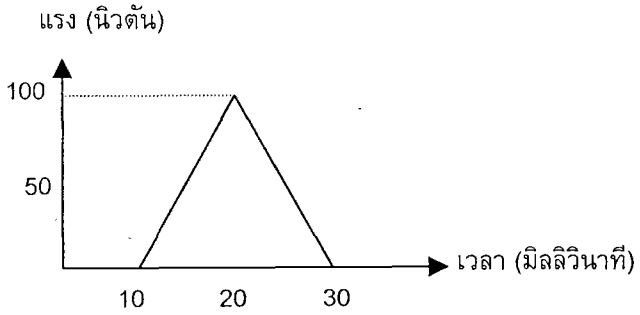


12. มีแรงกระทำกับวัตถุดังรูป ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้น (จากวินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 3) จะทำให้วัตถุเปลี่ยน โมเมนตัมไปเท่าใด
    ก. 10 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
    ข. 15 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
    ค. 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
    ง. 25 กิโลกรัม.เมตร/วินาที



13. จากข้อ 12 แรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด
    ก. 0.5 นิวตัน
    ข. 2.5 นิวตัน
    ค. 5.0 นิวตัน
    ง. 7.5 นิวตัน

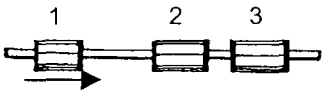
14. ลูกบอลมวล 25 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที ในแนวระดับ ชายคนหนึ่งใช้ไม้ตีลูกบอลนี้สวนออกมาในทิศตรงกันข้าม แรงที่กระทำต่อลูกบอลกับเวลาที่ลูกบอลกระทบไม้ตีแทนได้ด้วยกราฟนี้ อยากทราบว่าลูกบอลจะมีความเร็วเท่าใด ภายหลังกระทบไม้ตี



    ก. 15 เมตร/วินาที
    ข. 20 เมตร/วินาที
    ค. 35 เมตร/วินาที
    ง. 40 เมตร/วินาที

15. วัตถุ A วิ่งเข้าชนวัตถุ B ที่อยู่นิ่ง ในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล ผลปรากฏว่า วัตถุ A หยุดนิ่ง แต่วัตถุ B เคลื่อนที่ออกไปแล้วหยุด จะสรุปผลว่าอย่างไร
    ก. วัตถุ A ถ่ายโอนโมเมนตัมไปยังวัตถุ B ได้
    ข. วัตถุ A ถ่ายโอนความเร็วให้วัตถุ B ได้
    ค. ไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบ
    ง. เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

16. ปลอกเหล็ก 3 อัน เหมือนกันทุกประการ สวมอยู่กับแกนลื่นอยู่ในแนวระดับ ปลอกเหล็กอันที่ 1 เคลื่อนที่เข้าชน อันที่ 2 ซึ่งอยู่นิ่งแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ด้วยความเร็ว u จากนั้นอันที่ 2 เข้าชนอันที่ 3 แบบเดียวกันอีก หลังชนกันหมดแล้วปลอกเหล็กอันที่ 3 จะมีความเร็วเท่าไร
    ก. u
    ข. u/2
    ค. u/3
    ง. u/4



17. ในการทดลองการชนแบบยืดหยุ่น วัตถุ A มีซึ่งมีมวลมากกว่า วิ่งเข้าชนวัตถุ B ซึ่งหยุดนิ่ง ผลจะเป็นอย่างไร
    ก. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A หยุดนิ่ง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ข. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A หยุดนิ่ง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ค. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A สะท้อนกลับด้วยความเร็วที่ลดลง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ง. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันในทิศทางเดิม แต่มีความเร็วลดลง

18. เมื่อวัตถุตั้งแต่ 2 ก้อนขึ้นไปชนกัน ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริงเสมอ
    ก. โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ข. พลังงานจลน์ของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ค. โมเมนตัมทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง
    ง. พลังงานจลน์ทั้งหมดเปลี่ยนแปลง

19. วัตถุหนึ่ง เมื่อระเบิดแตกออกเป็น 2 เสี่ยง จะพบว่า
    ก. ทั้ง 2 เสี่ยงเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้าม ในบางครั้ง
    ข. ทั้ง 2 เสี่ยงมีพลังงานจลน์เท่ากันเสมอ
    ค. ทั้ง 2 เสี่ยงมีโมเมนตัมเท่ากันเสมอ
    ง. รวมโมเมนตัมของทั้ง 2 เสี่ยงต้องเท่ากับโมเมนตัมก่อนระเบิด

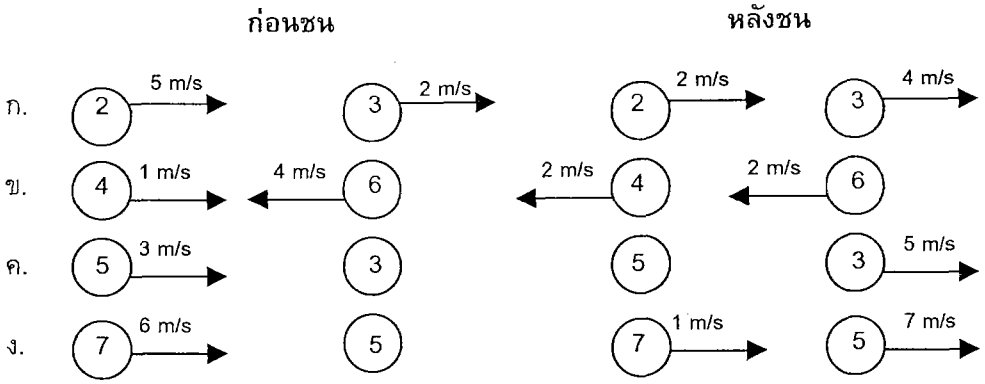
20. การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์มีปริมาณใดที่คงที่
    ก. พลังงานจลน์ แต่ไม่ใช่โมเมนตัม
    ข. โมเมนตัม แต่ไม่ใช่พลังงานจลน์
    ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์
    ง. ไม่คงที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัม

21. ลูกกลมเหล็กเหมือนกันสองลูกต่างก็มีมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าหากันในแนวตรงเดียวกันบนผิวราบเกลี้ยง ด้วยอัตราเร็ว 3 เมตร/วินาที แล้วชนกันตรง ๆ แบบยืดหยุ่น ลูกเหล็กทั้งสองจะเคลื่อนที่หลังชนอย่างไร
    ก. ต่างก็หยุดนิ่ง
    ข. ไปด้วยกันด้วยอัตราเร็ว 1.5 เมตร/วินาที
    ค. แยกออกจากกันด้วยอัตราเร็ว 1.5 เมตร/วินาที
    ง. แยกออกจากกันด้วยอัตราเร็ว 3.0 เมตร/วินาที

22. ในการชนแบบยืดหยุ่น ถ้ารถสองคันมีมวลเท่ากันเคลื่อนที่เข้าหากันในแนวเส้นตรงเดียวกัน ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน หลังจากชนกันแล้วรถทั้งสองคันเป็นอย่างไร
    ก. กระดอนกลับด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม
    ข. ติดกันไปโดยความเร็วมีขนาดครึ่งหนึ่งของเดิม
    ค. คันหนึ่งหยุดนิ่งอีกคันถอยหลังด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม
    ง. รถทั้งสองคันหยุดนิ่งทั้งคู่

23. ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้ได้กับข้อใด
    ก. การชนแบบยืดหยุ่น
    ข. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
    ค. การชนทุกรูปแบบยกเว้นการระเบิด
    ง. การชนทุกรูปแบบรวมทั้งการระเบิด

24. จากรูป เป็นการชนของวัตถุ 2 ก้อน อยากทราบว่ารูปใดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์



25. รถทดลอง A และ B มีมวลเท่ากัน วางอยู่บนพื้นราบเกลี้ยง รถ B วิ่งมาชนรถ A ซึ่งอยู่นิ่ง ด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที ปรากฏว่ารถ B หยุดนิ่ง ส่วนรถ A วิ่งตรงไปด้วยความเร็วเท่ากับรถ B ที่วิ่งมาชน แสดงว่า
    ก. โมเมนตัมคงที่
    ข. พลังงานจลน์คงที่
    ค. ข้อ ก และ ข คงที่
    ง. ไม่มีค่าใดคงที่

26. วีณาและโชติเป็นนักสเกตมีมวล 60 และ 40 กิโลกรัม ตามลำดับ วิ่งสวนทางกันบนพื้นที่ลื่นมาก หลบกันไม่ทัน ชนแบบประสานงาติดกันไป ถ้าวีณาและโชติกำลังวิ่งมาด้วยความเร็ว 10 และ 5 เมตร/วินาที ตามลำดับ จงหาความเร็วหลังชนของนักสเกตทั้งสอง

ก. 0 เมตร/วินาที

ข. 2 เมตร/วินาที

ค. 4 เมตร/วินาที

ง. 6 เมตร/วินาที

27. รถทดลอง A มวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นเกลี้ยงไปทางขวาด้วยคามเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนรถทดลอง B ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชนรถทดลอง A สะท้อนกลับด้วยความเร็ว 2 เมตร/วินาที ส่วนรถทดลอง B วิ่งออกไปทางขวาด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที จงหาว่ารถทดลอง B มีมวลเท่าใด

ก. 5 กิโลกรัม

ข. 10 กิโลกรัม

ค. 15 กิโลกรัม

ง. 20 กิโลกรัม

28. ลูกปืนลูกหนึ่งมวล 200 กรัม มีความเร็ว 2 กิโลเมตร/วินาที พุ่งเข้าชนตรงกลางวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่งบนพื้นระดับราบลื่น ถ้าลูกปืนทะลุวัตถุไปด้วยความเร็ว 1 กิโลเมตร/วินาที จงหาความเร็วของวัตถุขณะลูกปืนหลุดจากวัตถุพอดี

ก. 25 เมตร/วินาที

ข. 50 เมตร/วินาที

ค. 100 เมตร/วินาที

ง. 200 เมตร/วินาที

29. ปืนไรเฟิลยิงลูกปืนมวล 60 กรัม ออกไปในแนวระดับด้วยความเร็ว 600 เมตร/วินาที ลูกปืนวิ่งในลำกล้องของ ตัวปืนนาน 3×10^{-3} วินาที จงหาแรง F ที่ต้องใช้เพื่อให้ตัวปืนอยู่นิ่ง

ก. 6 kN

ข. 8 kN

ค. 10 kN

ง. 12 kN

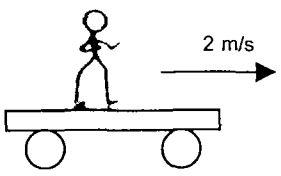
30. นายน้อย มีมวล 50 กิโลกรัม ยืนอยู่บนรถเลื่อนซึ่งมีมวล 100 กิโลกรัม และกำลังวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 2 เมตร/วินาที ถ้าเขาต้องการให้รถเลื่อนหยุดนิ่ง เขาต้องกระโดด

ก. กระโดดไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 3 เมตร/วินาที

ข. กระโดดไปข้างหลังด้วยความเร็ว 3 เมตร/วินาที

ค. กระโดดไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที

ง. กระโดดไปข้างหลังด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที



แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามวัดความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง หลังจากที่ได้เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

คำชี้แจง : แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

<u>ตอนที่ 1</u> ความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อแนะนำในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามมีทั้งหมด 30 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
3. ค่าระดับคะแนนความคิดเห็นหรือความรู้สึก กำหนดไว้ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	หมายถึง	5
เห็นด้วย	หมายถึง	4
ไม่แน่ใจ	หมายถึง	3
ไม่เห็นด้วย	หมายถึง	2
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	หมายถึง	1

ตารางที่ 18 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
	5	4	3	2	1
ความคิดเห็นต่อชุดทดลอง					
1. ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีความน่าสนใจ					
2. การทดลองในชุดทดลองนี้ ทำให้รู้สึกเร้าความสนใจและอยากรู้ผลการทดลอง					
3. ชุดทดลอง มีความแข็งแรงทนทาน					
4. ชุดทดลอง มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
5. การทดลองในชุดทดลอง เหมาะสมกับเนื้อหาของการทดลอง					
6. การเรียนโดยชุดทดลองนี้ ไม่มีความจำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ					
7. รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองในชุดทดลอง					
8. ชุดทดลองช่วยให้มีโอกาสใช้กระบวนการคิด และความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มที่					
9. ชุดทดลองนี้ได้ใช้วัสดุและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่า					
10. ชุดทดลอง สามารถนำไปใช้ทำการทดลองในเรื่องอื่นได้					
การแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง					
11. ทำให้รู้สึกสนุกสนาน ในขณะทำการทดลอง					
12. การทดลอง มีความยากเกินไป					
13. การทดลองแต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ					
14. การทดลองซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย					
15. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง					
16. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง					
17. ช่วยให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน					
18. ช่วยพัฒนาความคิดในด้านการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ					
19. รู้สึกเครียดในขณะทำการทดลอง					
20. มีความยาก-ง่าย พอเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน					
การเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง					
21. การทดลองในชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติม					

ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
	5	4	3	2	1
การเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง (ต่อ)					
22. การเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น					
23. ชุดทดลองสามารถพัฒนาให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว					
24. ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลอง สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นได้					
25. ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองนี้ ช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					
26. ชุดทดลองนี้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชอบในการเรียน วิชาฟิสิกส์					
27. ชุดทดลองนี้ ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำโครงงาน					
28. ชุดทดลองนี้ เป็นการให้ประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับโมเมนตัมได้อย่างชัดเจน					
29. ชุดทดลองนี้ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง					
30. ชุดทดลองนี้ สามารถพัฒนาขึ้นทดแทนแทนอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศทั่วไปได้					

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

ภาคผนวก ง

- ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู และนักเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ
- ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง จำนวน 9 คน

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป								
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
1.2 การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย	4	5	4	4	4	4.20	0.20	ดี
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจผู้เรียน	5	4	4	5	4	4.40	0.30	ดี
1.4 รูปทรงและขนาด ออกแบบให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง	5	4	4	3	4	4.00	0.50	ดี
1.5 ส่วนแสดงผลของชุดจับเวลาแสดงผลการทดลองชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.30	ดีมาก
2. ลักษณะการใช้งาน								
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	4	4	4	5	4	4.20	0.20	ดี
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	5	4	4	4	4	4.20	0.20	ดี
2.3 สามารถทำงานได้หลายการทดลอง	5	4	3	3	3	3.60	0.80	ดี
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองมีความเชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย	5	4	4	5	5	4.60	0.30	ดีมาก
2.5 ประหยัดกระแสไฟฟ้าในการทดลอง	5	4	4	3	3	3.80	0.70	ดี
2.6 ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม								
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	4	4	4	3	4	3.80	0.20	ดี
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	3	5	4	4	4	4.00	0.50	ดี
3.3 วัสดุอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่าย	3	5	4	3	4	3.80	0.70	ดี
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย	4	5	4	5	5	4.60	030	ดีมาก

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน								
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	3	5	4	5	5	4.40	0.80	ดี
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	4	5	5	4.60	0.30	ดีมาก
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	3	5	4	5	5	4.40	0.80	ดี
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง	4	5	4	5	5	4.60	0.30	ดี
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	4	5	5	5	5	4.80	0.20	ดีมาก

สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของชุดทดลอง

1. ออกแบบรางให้สามารถถอดประกอบได้ หรือแยกส่วนได้จะทำให้สะดวกในการขนย้าย
2. ติดสเกลที่ด้านข้างของตัวรางลม เพื่อวัดระยะทางบนราง
3. ระบบต่อท่อลมเข้าสู่รางลม ควรจัดอุปกรณ์หรือปรับปรุงให้ดีกว่าที่เป็นอยู่
4. ติดรอกที่ปลายราง เพื่อใช้ทดลองเรื่องอื่น ๆ เช่น ความเร่ง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เป็นต้น
5. ปรับตัวเลขการแสดงผลเวลาหลังการชน ให้เหลือตัวเลขเพียงชุดเดียว โดยนำมาลบกันให้เสร็จแล้วค่อยมาแสดงผล จะทำให้ดูง่ายและป้องกันความสับสนในการคำนวณ
6. กำหนดตำแหน่งการวัดไว้ที่วัตถุให้มีระยะทาง 10 เซนติเมตร จะทำให้วัดระยะทางได้ง่ายกว่าการวัดที่รูที่แสงผ่าน ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า
7. ปรับน้ำหนักของรถทดลอง ให้เป็น 0.1 กิโลกรัม (100 กรัม) จะคำนวณได้ง่ายกว่า
8. การเพิ่มมวลของรถทดลองให้ใช้วิธีการทำรถทดลองให้มีขนาดใหญ่กว่าแทนการนำรถมาต่อกัน จะช่วยลดปัญหาการชนกันไม่สนิท จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ (มีพื้นที่สัมผัสกับราง ทำให้เกิดแรงเสียดทาน)
9. ปรับปรุงการต่อสายนำสัญญาณกับขาจับสายสัญญาณให้มีมาตรฐานโดยใช้หัวต่อแทนการใช้ดินน้ำมัน

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับนักเรียน								
1. เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดการทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
2. เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
3. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	4	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4. เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.20	ดีมาก
5. กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	5	5	4	4	5	4.60	0.30	ดีมาก
6. มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	3	5	5	4	5	4.40	0.80	ดี
7. นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	4	4	5	4	4	4.20	0.20	ดี
8. เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
9. คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	4	4	4	5	5	4.40	0.30	ดี
10. คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	4	5	5	5	5	4.80	0.20	ดีมาก

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ สำหรับครู								
11. สรุปและอภิปรายผลหลังการทดลองเหมาะสม	4	4	4	4	5	4.20	0.20	ดี
12. แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	4	4	3	4	5	4.00	0.50	ดี
13. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	4	4	3	5	5	4.20	0.70	ดี
14. เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	0.30	ดีมาก
15. คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก

สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของคู่มือการใช้ชุดทดลอง

1. คำศัพท์ที่ใช้ปรับให้เป็นแนวเดียวกันทั้งเล่น เช่น จุดศูนย์กลางมวล ให้ใช้เป็น ศูนย์กลางมวล และการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ ให้เป็น การชนแบบยืดหยุ่น
2. นำเสนอส่วนประกอบและหน้าที่ต่าง ๆ ของตัวชุดทดลอง ในคู่มือการใช้ให้ครบ
3. ในคู่มือครู การกำหนดตัวแปรตามในกิจกรรมที่ 1 ไม่ควรเปิดกว้าง ควรกำหนดให้ชัดเจน โดยปรับจากผลการทดลอง เป็น ลักษณะการชน ทิศทาง และความเร็วของวัตถุ เป็นต้น รวมทั้งให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง
4. เพิ่มการเฉลยแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมในคู่มือครูให้ละเอียดมากขึ้น
5. กำหนดเวลาในการทดลองให้ชัดเจน

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบทดสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	0	0	0	1	-1	0	0.00	ปรับปรุง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	-1	0	1	1	1	2	0.40	ปรับปรุง
6	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
7	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
8	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
12	1	0	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
13	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
14	1	1	0	1	-1	2	0.40	ปรับปรุง
15	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
16	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
17	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
18	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
21	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
22	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
23	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
24	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
25	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
26	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
27	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
28	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
36	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	-1	3	0.60	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
43	0	1	1	1	-1	2	0.40	ปรับปรุง
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
45	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
46	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
47	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
49	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
51	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
52	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
53	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
54	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
55	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
56	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
57	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
58	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
59	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
61	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
62	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
63	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
64	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การสรุปผล
	1	2	3	4	5			
65	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
66	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
67	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
68	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
69	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
70	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
71	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
72	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
73	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
74	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
75	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
76	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
77	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
78	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
79	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
80	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
81	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
82	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
83	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
84	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
85	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้

สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ภาพมีขนาดเล็กไป และให้ตัดบางภาพที่ไม่มีความจำ เพราะจะทำให้นักเรียนเสียเวลาในการพิจารณา หรือเข้าใจผิดในความสำคัญของภาพ

2. ให้ความสำคัญกับข้อสอบที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคำนวณมาก ควรปรับนำข้อสอบที่เป็นทักษะการคำนวณไปปรับใช้ในการวัดพฤติกรรมด้านความเข้าใจหรือด้านการนำไปใช้จะเหมาะสมมากกว่า

3. ข้อสอบแต่ละข้อสามารถวัดได้หลายจุดประสงค์ ไม่อาจแยกได้ชัดเจน

4. ข้อสอบมีจำนวนหลายข้อ ควรจะนำข้อสอบที่มีความคล้ายกันไปทำเป็นข้อสอบคู่ขนาน (ข้อสอบที่เป็นคู่แฝด) มาใช้ในกรณีมีการสอบหลายครั้งจะช่วยป้องกันการท่องจำคำตอบของผู้ทำข้อสอบ

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

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

สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของแบบสอบถามวัดเจตคติ

1. มีความคล้ายกันในข้อคำถามบางข้อ อาจยุบรวมกันได้โดยยึดความชัดเจนของคำถาม
2. ปรับเปลี่ยนคำในบางคำ เช่น จดจำ เป็น เข้าใจ

ตาราง 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคิดความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

กิจกรรมที่	จุดประสงค์ของการทดลอง	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
กิจกรรมที่ 1 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น	1. บอกความหมายของโมเมนตัม และหาโมเมนตัมของวัตถุได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2. ศึกษาแรงกระทำต่อวัตถุ และบอกได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใดจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	3. ทำการทดลอง เรื่อง การชนของวัตถุแล้วสามารถอธิบายได้ว่าวัตถุสองสิ่งชนกันจะถ่ายโอนโมเมนตัมให้กับวัตถุที่ถูกชนได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	4. อธิบายลักษณะการชนของวัตถุแบบต่าง ๆ ได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 2 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	1. อธิบายลักษณะการชนของวัตถุ และแยกประเภทของการชนได้ โดยอาศัยกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2. คำนวณหา แรง ความเร็ว ความเร่ง มวล ระยะทาง และปริมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการชนหรือดีดออกจากกันได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 24 สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) จากการทดลองใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ

รายการประเมิน	N*	$\bar{X}$	สรุปผล
ด้านการออกแบบ			
1. ชุดทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	9	3.67	ดี
2. การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย	9	4.56	ดีมาก
3. รูปแบบของชุดทดลองดึงดูดและเร้าความสนใจผู้เรียน	9	4.44	ดี
4. รูปทรงและขนาด ออกแบบให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง	9	3.67	ดี
5. ส่วนแสดงผลของชุดจับเวลาแสดงผลการทดลองชัดเจน	9	4.00	ดี
ด้านเนื้อหาและการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน			
6. มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองมีความเชื่อถือได้	9	4.00	ดี
7. พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	9	4.22	ดี
8. เนื้อหาและกิจกรรมการทดลองมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	9	3.89	ดี
9. เวลาที่ใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม	9	3.78	ดี
10. เมื่อทำการทดลองโดยใช้ชุดทดลอง ทำให้เข้าใจเนื้อหาชัดเจนขึ้น	9	4.33	ดี
11. นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตามขั้นตอนการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง	9	4.33	ดี
12. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรงในเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	9	4.00	ดี
13. ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มได้มีโอกาสปฏิบัติ หรือมีส่วนร่วม	9	4.22	ดี
14. ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	9	4.00	ดี
ด้านการใช้งานและการเก็บรักษา			
15. การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	9	4.22	ดี
16. ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	9	4.56	ดีมาก
17. มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	9	4.11	ดี
18. สามารถทำการทดลองได้หลายการทดลอง	9	3.56	ดี
19. นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดทดลอง จัดหาซื้ออุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง	9	3.67	ดี
20. การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย	9	3.89	ดี
เฉลี่ย		4.06	ดี

ภาคผนวก จ

- ตารางแสดงค่าความความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ตาราง 25 แสดงความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=37)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=37)	P	r	ข้อที่เลือก
1	28	8	0.49	0.54	✓
2	34	31	0.88	0.08	
3	36	18	0.73	0.49	✓
4	29	7	0.49	0.59	✓
5	8	16	0.32	-0.22	
6	27	15	0.57	0.32	✓
7	16	8	0.32	0.22	
8	19	14	0.45	0.14	
9	35	22	0.77	0.35	✓
10	1	9	0.14	-0.22	
11	27	16	0.58	0.30	✓
12	35	17	0.70	0.49	✓
13	29	8	0.50	0.57	✓
14	10	6	0.22	0.11	
15	32	9	0.55	0.62	✓
16	36	18	0.73	0.49	✓
17	12	11	0.31	0.03	
18	31	11	0.57	0.54	✓
19	31	12	0.58	0.51	✓
20	33	15	0.65	0.49	✓
21	27	7	0.46	0.54	✓
22	24	12	0.49	0.32	✓
23	17	8	0.34	0.24	✓
24	20	11	0.42	0.24	✓
25	16	10	0.35	0.16	
26	30	10	0.54	0.54	✓
27	37	17	0.73	0.54	✓
28	27	14	0.55	0.35	✓
29	23	4	0.36	0.51	✓
30	26	14	0.54	0.32	✓
31	23	4	0.36	0.51	✓

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=37)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=37)	P	r	ข้อที่เลือก
32	18	8	0.35	0.27	✓
33	9	2	0.15	0.19	
34	31	17	0.65	0.38	✓
35	9	4	0.18	0.14	
36	30	9	0.53	0.57	✓
37	7	8	0.20	-0.03	
38	10	8	0.24	0.05	
39	11	12	0.31	-0.03	
40	28	14	0.57	0.38	✓
41	23	13	0.49	0.27	
42	29	6	0.47	0.62	✓
43	13	10	0.31	0.08	
44	32	11	0.58	0.57	✓
45	31	16	0.64	0.41	✓
46	17	12	0.39	0.14	
47	12	7	0.26	0.14	
48	22	15	0.50	0.19	
49	9	8	0.23	0.03	
50	17	10	0.36	0.19	
51	23	17	0.54	0.16	
52	10	2	0.16	0.22	
53	16	13	0.39	0.08	
54	10	16	0.35	-0.16	
55	16	12	0.38	0.11	
56	15	11	0.35	0.11	
57	10	6	0.22	0.11	

แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (P) ซึ่งค่าที่ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งค่าที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยข้อที่เลือกไว้ มีจำนวน 30 ข้อ และนำแบบทดสอบไปหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ได้เท่ากับ .88

ภาคผนวก ฉ

- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียน
- ตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- แสดงคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 26 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียน

นักเรียน	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง		คะแนนรวม	ร้อยละ
คนที่	กิจกรรมที่ 1 (20)	กิจกรรมที่ 2 (30)	(50)	คะแนนรวม
1	17	28	45	90
2	19	29	48	96
3	19	30	49	98
4	19	29	48	96
5	19	29	48	96
6	19	27	46	92
7	19	30	49	98
8	19	27	46	92
9	19	30	49	98
10	19	25	44	88
11	17	22	39	78
12	19	17	36	72
13	19	22	41	82
14	17	27	44	88
15	17	22	39	78
รวม	277	394	671	1342
เฉลี่ย	18.47	26.27	44.73	89.47
ร้อยละ	92.33	87.55	89.47	

ตาราง 27 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ	
	ก่อนเรียน (30)	หลังเรียน (30)
1	9	26
2	4	24
3	8	24
4	11	28
5	9	26
6	5	24
7	8	24
8	11	24
9	8	24
10	7	24
11	8	24
12	10	26
13	12	26
14	7	24
15	8	24
รวม	125	372
เฉลี่ย	8.33	24.80
ร้อยละ	27.78	82.67

ตาราง 28 แสดงคะแนนจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนจากการตอบแบบสอบถาม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	88	106
2	106	109
3	74	96
4	116	118
5	103	104
6	101	107
7	81	106
8	106	118
9	92	95
10	116	133
11	89	103
12	108	114
13	93	102
14	112	117
15	99	102
เฉลี่ย	99.60	109.32
ร้อยละ	61.15	72.45

ภาคผนวก ช

- แสดงการคำนวณเพื่อทดสอบผลรวมโมเมนตัมในการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง

แสดงการคำนวณหาผลรวมโมเมนตัมจากข้อมูลการทดลอง

1. การชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่1

จากสมการ $\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B$

$\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = (0.080)(0.410) + (0.080)(0.000)$

$\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = 0.033$ kg.m/s

จากสมการ $\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B$

$\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = (0.080)(0.000) + (0.080)(0.405)$

$\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = 0.032$ kg.m/s

จากสมการ $\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{0.032 - 0.033}{0.033} \times 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = -3.030$

2. การชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 2

จากสมการ $\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B$

$\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = (0.080)(0.535) + (0.080)(0.402)$

$\sum\vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = 0.075$ kg.m/s

จากสมการ $\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B$

$\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = (0.080)(0.375) + (0.080)(0.532)$

$\sum\vec{P}_{\text{หลังชน}} = 0.073$ kg.m/s

จากสมการ $\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{0.073 - 0.075}{0.075} \times 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = -2.667$

3. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ชนแบบที่ 1

จากสมการ $\sum \vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$

$\sum \vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = (0.080)(0.599) + (0.080)(0.000)$

$\sum \vec{P}_{\text{ก่อนชน}} = 0.048$ kg.m/s

จากสมการ $\sum \vec{P}_{\text{หลังชน}} = (m_A + m_B)\vec{v}$

$\sum \vec{P}_{\text{หลังชน}} = (0.080 + 0.080)(0.301)$

$\sum \vec{P}_{\text{หลังชน}} = 0.048$ kg.m/s

จากสมการ $\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \text{x} 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \dfrac{0.048 - 0.048}{0.048} \text{x} 100\%$

$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = 0.000$

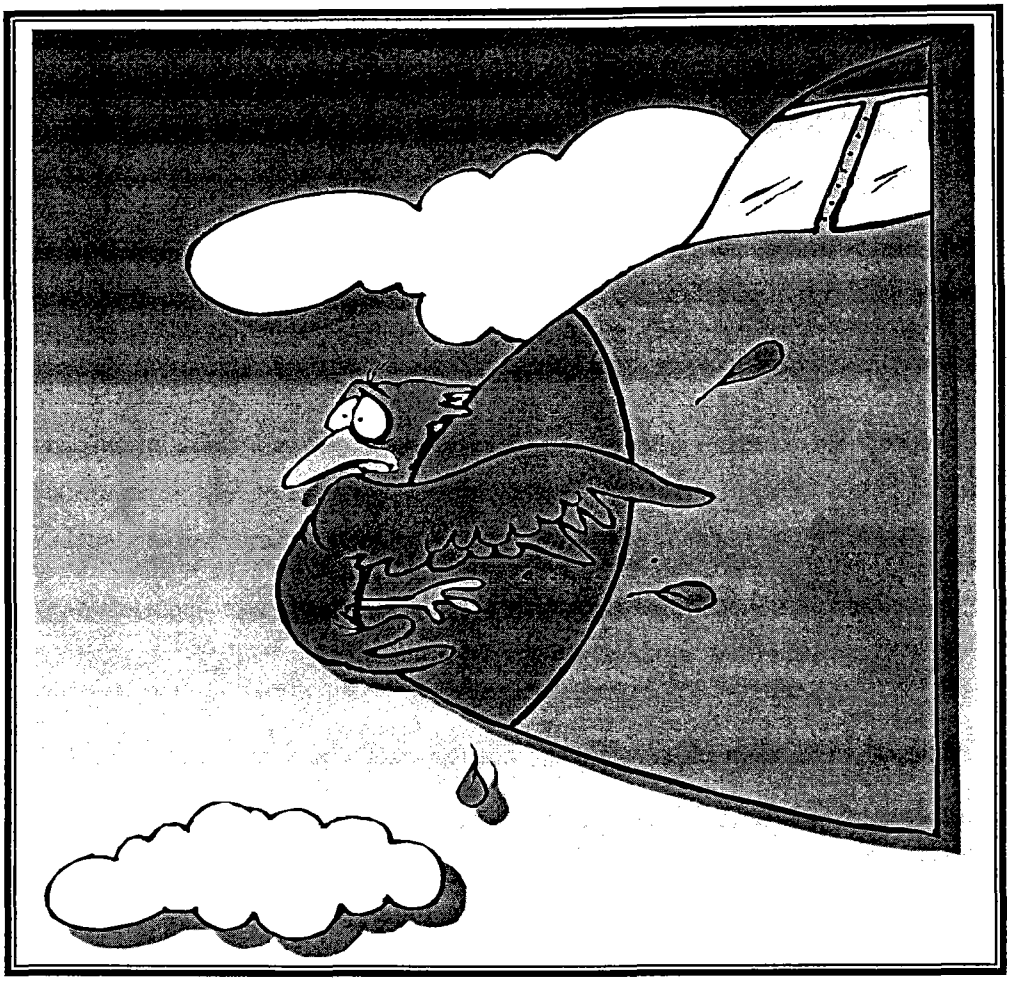
ภาคผนวก ซ

- คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน
- คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู

กิจกรรมการทดลอง

เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

(สำหรับนักเรียน)



นพพร เสนีย์คุปต์

วิทยาศาสตรศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หลักการและทฤษฎี
เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ความหมายของโมเมนตัม

จากการศึกษาเรื่องพลังงาน พบว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานจลน์ โดยพลังงานจลน์ของวัตถุขึ้นอยู่กับมวล และความเร็วของวัตถุนั้น ในการทำให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หยุด ต้องใช้แรงต้านการเคลื่อนที่ถ้าวัตถุใดมีพลังงานจลน์มากหรืออาจกล่าวว่าวัตถุมีมวลหรือความเร็วมาก แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องมีค่ามากด้วย แต่วัตถุที่มีพลังงานจลน์น้อย ๆ หรือกล่าวว่าวัตถุมีมวลหรือความเร็วน้อย ๆ แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุก็จะมีค่าน้อยด้วย ดังนั้น มวลและความเร็วนอกจากจะบอกถึงปริมาณพลังงานจลน์แล้ว ยังช่วยบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุที่จะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า ในทิศทางของความเร็ว ซึ่งเรียกว่า โมเมนตัม (Momentum) " p "

โมเมนตัม หมายถึง ปริมาณที่บอกสภาพของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพยายามทำให้วัตถุพุ่งตัวไปข้างหน้าในทิศทางของความเร็ว เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศตามทิศของความเร็ว

ปริมาณโมเมนตัม หาได้จากผลคูณของมวลกับความเร็ว

เมื่อ	m	คือ	มวลของวัตถุ
	$\vec{v}$	คือ	ความเร็วของวัตถุ
	$\vec{P}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุ

จากความหมายของโมเมนตัม จะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{P} = m\vec{v} \qquad \text{---------- (1)}$$

โมเมนตัม มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตรต่อวินาที (kg.m/s) หรือ N.s.

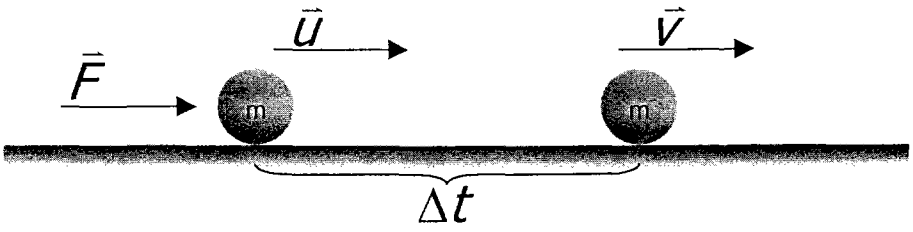
หมายเหตุ

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ พึงระมัดระวังเรื่องทิศทางของโมเมนตัมด้วย เพราะต้องคำนึงถึงทิศทางเสมอ

แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

จากนิยามของโมเมนตัมพบว่า โมเมนตัมของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและความเร็ว ถ้าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ผลก็คือ โมเมนตัมมีการเปลี่ยนแปลง สิ่งที่ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงคือแรง ดังนั้น แรงทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง และทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงด้วย จึงกล่าวได้ว่าแรงทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลง

เมื่อวัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}$ มีแรงคงตัว $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนเป็น $\vec{v}$ ดังรูป



รูปที่ 1 แรง $\vec{F}$ กระทำต่อมวล m ในเวลา Δt

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

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

และ

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

ดังนั้น

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

$$\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} \qquad \text{---------- (2)}$$

จากสมการ 2

$\vec{F}$	คือ	แรงลัพธ์ที่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล m
$m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ
$m\vec{v}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุภายหลังที่ถูกแรงกระทำ
$m\vec{v} - m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt อาจเขียนย่อ ๆ ว่า $\Delta\vec{p}$

ดังนั้นสมการ 2 อาจเขียนใหม่ได้ว่า

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} \qquad \text{---------- (3)}$$

จากสมการ 3 อาจอธิบาย กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้อีกแบบหนึ่งว่า

แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุใด จะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง

จากสมการ 2 อาจเขียนอีกรูปหนึ่งได้ว่า

$$\vec{F}.\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u} \qquad \text{---------- (4)}$$

การดลและแรงดล

จากความรู้เรื่องแรง และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ทำให้ทราบว่า เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป จากสมการ (2) พบว่า ขนาดของแรงที่กระทำจะมากหรือน้อย นอกจากดูที่ขนาดของโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปแล้ว ยังพิจารณาจากช่วงเวลาที่แรงนั้นกระทำ ถ้าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีค่าคงตัว จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาว่า **ถ้าช่วงเวลาที่เปลี่ยนโมเมนตัมมีค่าน้อย ๆ แรงที่กระทำจะมีค่ามาก และถ้าช่วงเวลาที่เปลี่ยนโมเมนตัมมีค่ามาก แรงที่กระทำจะมีค่าน้อย**

ดังนั้น แรงที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมากหรือน้อย นอกจากขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุแล้ว ยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ออกแรงกระทำด้วย

ถ้า $\vec{F}$ เป็นแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุ เพื่อเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ (Δt น้อย ๆ) เราจะเรียกแรง $\vec{F}$ ในสมการ (2) ว่า **แรงดล** (Impulsive Force) และในสมการ (4) ผลคูณของแรง $\vec{F}$ กับเวลา Δt ($\vec{F}.\Delta t$) เรียกว่า **การดล** (Impluse) โดยแท้จริงแล้ว **การดล ก็คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป** ($\Delta \vec{P}$) นั่นเอง การดลเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ $\vec{F}$ ที่กระทำกับวัตถุ

ในกรณีที่ $\vec{F}$ กระทำในแนวเดียวกับ $\vec{u}$ (ทิศเดียวกันหรือตรงข้ามกันก็ได้) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมจะอยู่ในแนวเส้นตรง ดังนั้น อาจใช้เครื่องหมายบวก (+) และลบ (-) แทนทิศทางของปริมาณเวกเตอร์เหล่านั้น ดังนั้น สมการ (2) และ (4) อาจจะเขียนใหม่ได้ว่า

$$F = \frac{mv - mu}{\Delta t} \qquad \text{---------- (5)}$$

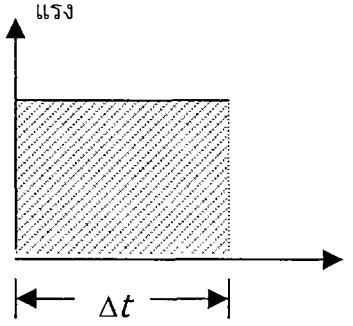
$$F\Delta t = mv - mu \qquad \text{---------- (6)}$$

การหาการดลและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปจากกราฟระหว่าง F กับ t

ในการหาการดล และโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุ เนื่องจากแรงกระทำที่มีขนาดคงตัว ในแนวเส้นตรงเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ สามารถหาได้จากสมการ (6) นอกจากนี้พบว่ายังสามารถหาค่าของการดลและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปได้จากกราฟระหว่างแรงกระทำกับวัตถุและช่วงเวลาที่ถูกแรงกระทำ

1. การดลของแรงคงตัว

เมื่อมีแรงดล $\vec{F}$ ที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m ในช่วงเวลา Δt จะได้กราฟ ดังรูป 2



การหาโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป ($\Delta \vec{P}$) หาได้จาก

การดล ($\Delta \vec{P}$) = $\vec{F}\Delta t$ -------- (1)

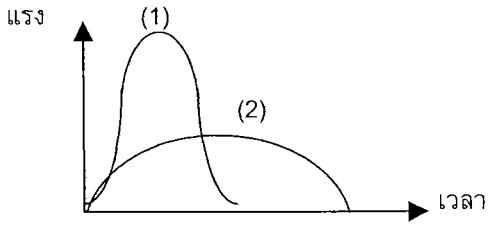
จากพื้นที่ใต้กราฟ = $F\Delta t$ -------- (2)

(1) = (2) แสดงว่า

พื้นที่ใต้กราฟระหว่าง F และ t คือ การดล หรือ $\Delta \vec{P}$

รูปที่ 2 กราฟระหว่างแรงดลคงตัวและเวลา

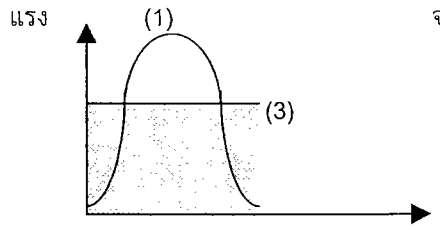
2. การดลของแรงไม่คงตัว



รูปที่ 3 กราฟระหว่างขนาดของแรงดลและเวลา ในขณะที่วัตถุกระทบกัน

เมื่อวัตถุสองสิ่งกระทบกัน เช่น ลูกบอลกระทบกำแพงหรือพื้น ลูกปิงปองกระทบไม้ตี ค้อนกระทบตะปู รถชนกัน ฯลฯ ในแต่ละกรณีแรงที่วัตถุกระทำซึ่งกันและกัน ในช่วงเวลาการกระทบมีขนาดไม่คงที่ ถ้าเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุกับเวลาในการกระทบ จะได้รูปกราฟลักษณะ ดังรูปที่ 3 และจะเห็นได้ว่า พื้นที่ใต้กราฟ คือ ขนาดของการดลของวัตถุ หรือขนาดของโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป จากกราฟเส้นที่ (1) และที่ (2) เป็นการเปลี่ยนโมเมนตัม หรือการดลเท่ากัน แต่เวลาในการเปลี่ยนไม่เท่ากัน ดังนั้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงแรงกระทำไม่เท่ากัน กราฟเส้นที่ (1) เปลี่ยนแปลงมากกว่า กราฟเส้นที่ (2)

ในสมการที่ 6 แรง $\vec{F}$ ต้องมีขนาดคงตัว แต่แรงที่กระทำในกราฟรูปที่ 3 ไม่คงตัว เราอาจหาค่าเฉลี่ยของแรง F ดังกราฟรูปที่ 4 โดยพื้นที่ใต้กราฟเส้นที่ (1) และกราฟเส้นที่ (3) ต้องมีขนาดเท่ากัน



จะแทนขนาดของแรง F ในสมการ

$$F\Delta t = mv - mu$$

รูปที่ 4 การหาแรงเฉลี่ยจากการดล

สรุป

การดล หรือโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงกระทำไม่คงตัว มีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง F กับ t

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (Law of conservation of momentum)

ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งเป็นการศึกษาตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน และยังพบอีกว่าถ้าวัตถุเคลื่อนที่โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ หรือตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวตลอดไป หรือกล่าวว่าวัตถุนั้นมีโมเมนตัมคงตัวตลอดการเคลื่อนที่

ขณะวัตถุ A และวัตถุ B ชนกันไม่มีแรงภายนอกใด ๆ กระทำ จะได้ว่าขณะวัตถุทั้งสองชนกัน จะมีแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ระหว่างวัตถุทั้งสองเกิดขึ้น โดยมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน

นั่นคือ ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบ จึงสามารถสรุปเป็นกฎได้ว่า ถ้าไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้วโมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว ซึ่งเรียกว่า กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\sum \vec{P}_{ก่อนชน} = \sum \vec{P}_{หลังชน}$$

หรือเขียนได้เป็น

$$m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2 \qquad \text{---------- (7)}$$

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy)

เมื่อกล่าวถึงกฎการอนุรักษ์พลังงาน ในเรื่องของโมเมนตัมและการชน เป็นการชนที่ไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน ก็คือ ผลรวมของพลังงานจลน์ของวัตถุทั้งสองก่อนชนจะมีค่าเท้ากับผลรวมของพลังงานจลน์ของวัตถุทั้งสองหลังการชน

$$\sum E_{k ก่อนชน} = \sum E_{k หลังชน}$$

หรือเขียนได้เป็น

$$\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \qquad \text{---------- (8)}$$

การชน (Collision)

การชนกันของวัตถุนั้นในทางฟิสิกส์ หมายถึง การที่วัตถุ 2 ก้อน มีการออกแรงกระทำต่อกันและกัน โดยอาจไม่จำเป็นว่าผิวของวัตถุทั้งสองจะต้องสัมผัสกันแต่อย่างไร

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

การชนแบบยืดหยุ่นเป็นการชนของวัตถุ แล้วรูปร่างของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง เช่น การชนกันของลูกบิลเลียด , การชนกันของลูกบอล หรือวัตถุที่มีความยืดหยุ่นได้ชนกัน การชนแบบยืดหยุ่นเป็นการชนที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ โดยพลังงานจลน์รวมก่อนการชนเท่ากับพลังงานจลน์รวมหลังชน โดยรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง

ผลของการชนแบบยืดหยุ่น ได้ว่า

1. **ผลรวมของโมเมนตัมก่อนชน = ผลรวมของโมเมนตัมหลังชน**

$$\sum \vec{P}_{ก่อนชน} = \sum \vec{P}_{หลังชน}$$

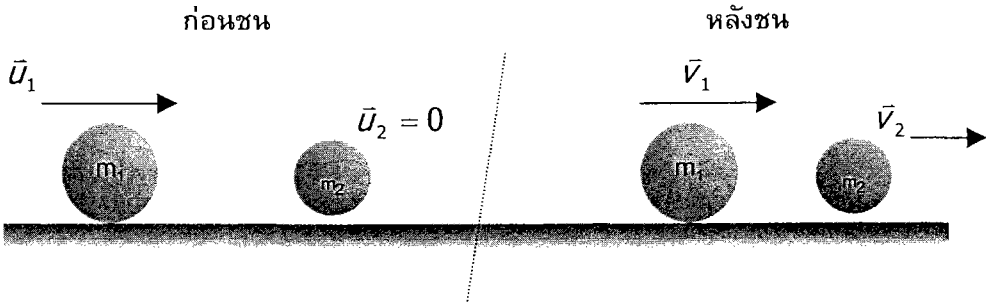
2. ผลรวมของพลังงานจลน์รวมก่อนชน = ผลรวมของพลังงานจลน์หลังชน

$$\sum E_{k\text{ก่อนชน}} = \sum E_{k\text{หลังชน}}$$

สรุปลักษณะการชน

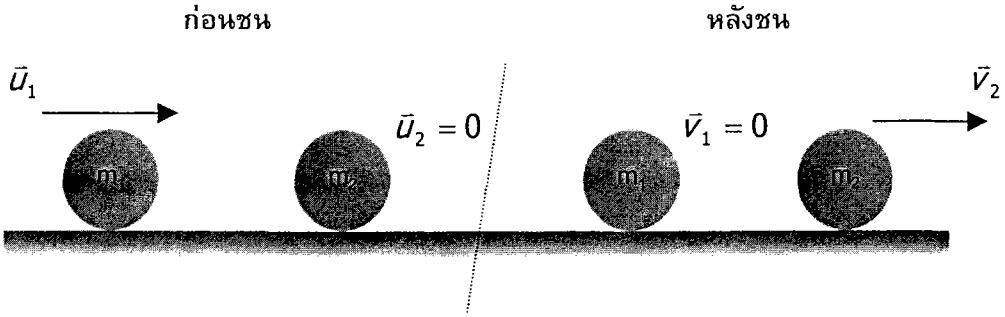
ลักษณะการชนของวัตถุในแนวเส้นตรง (ผ่านศูนย์กลางมวล) แบบยืดหยุ่น โดยวัตถุที่ถูกชนอยู่นิ่ง จะได้ว่า

1. มวลมากชนมวลน้อย ($m_1 > m_2$) หลังชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันโดย $V_2 > V_1$



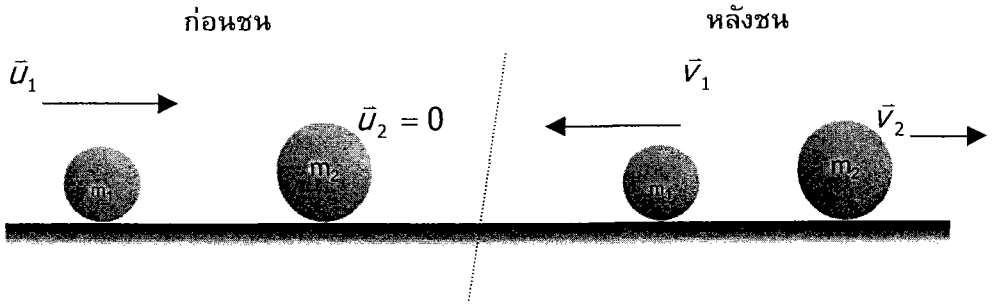
<u>รูปที่ 5</u> การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น เมื่อมวลมากชนมวลน้อย

2. มวลเท่ากันชนกัน ($m_1 = m_2$) หลังชนวัตถุที่เข้าชนหยุดนิ่ง ($V_1 = 0$) ส่วนวัตถุที่ถูกชนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วก่อนชนของวัตถุที่ชน ($V_2 = U_1$)



<u>รูปที่ 6</u> การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

3. มวลน้อยชนมวลมาก ($m_1 < m_2$) หลังชนวัตถุที่ชนสะท้อนกลับ ส่วนวัตถุที่ถูกชนเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับความเร็วก่อนชนของวัตถุที่เข้าชน



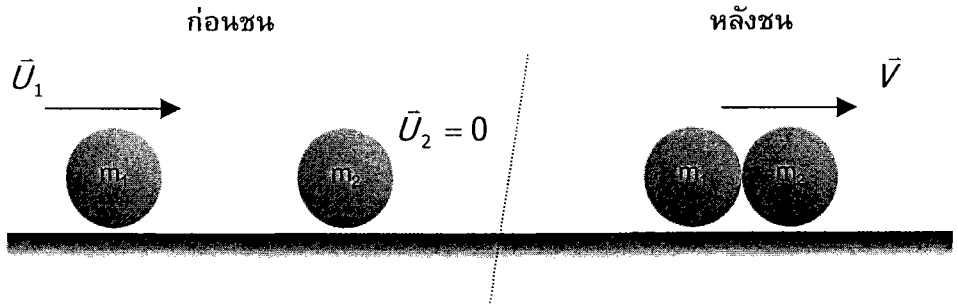
รูปที่ 7 การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น เมื่อมวลน้อยชนมวลน้อย

จะเห็นได้ว่า ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่นในแนวเส้นตรง สมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่ง่าย คือ

1. $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$
2. $u_1 + u_2 = v_1 + v_2$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)

เป็นการชนของวัตถุแล้วรูปร่างมีการเปลี่ยนแปลง และมีการสูญเสียพลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่มีการเคลื่อนที่ติดกันไปหลังการชน จากการทดลองพบว่าการชนกันแบบนี้พลังงานจลน์ไม่คงที่ พลังงานจลน์หลังชนมีค่าน้อยกว่าพลังงานจลน์ก่อนชน เพราะว่าพลังงานจลน์บางส่วนถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างวัตถุ ทำให้บุบ , ยุบ และเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานเสียง แต่โมเมนตัมรวมก่อนการชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังการชน



รูปที่ 8 การชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น

ผลของการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ได้ว่า

1. ผลรวมของโมเมนตัมก่อนชน = ผลรวมของโมเมนตัมหลังชน

$$\sum \vec{P}_{ก่อนชน} = \sum \vec{P}_{หลังชน}$$

$$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

เมื่อ $\vec{v}_1 = \vec{v}_2$ ได้ว่า

$$\boxed{m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v}$$

2. ผลรวมของพลังงานจลน์รวมก่อนชนมากกว่าผลรวมของพลังงานจลน์หลังชน

$$\boxed{\sum E_{kก่อนชน} > \sum E_{kหลังชน}}$$

วิธีการใช้และดูแลรักษาชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

คุณสมบัติและส่วนประกอบของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

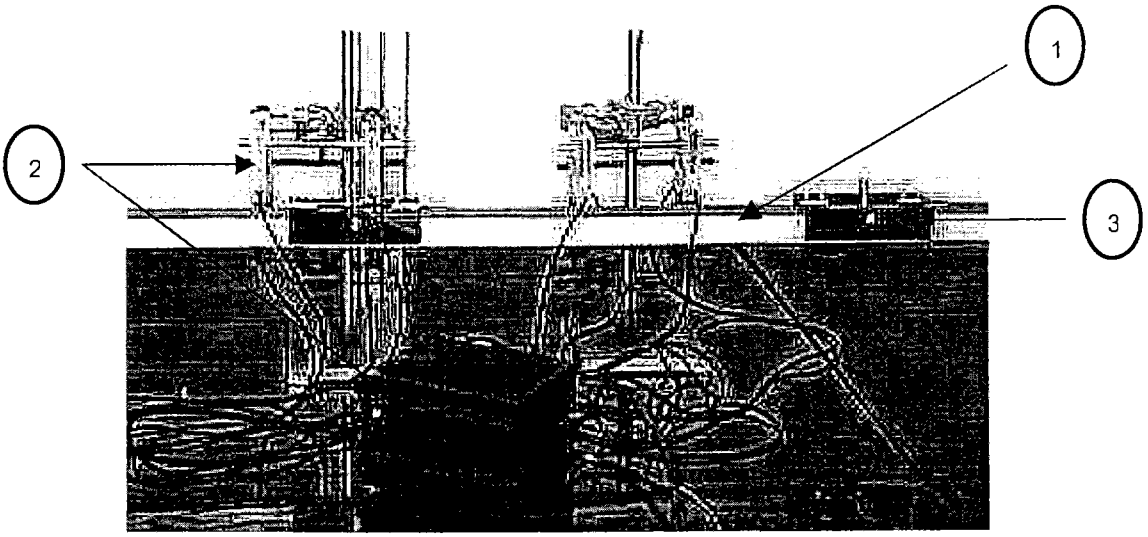
หลักการทำงานของชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ชุดทดลองสามารถทำการทดลองในเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ได้หลายแบบ ได้แก่

1. การชนแบบยืดหยุ่น
2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
3. การชนกันระหว่างวัตถุที่มีมวลเท่ากัน
4. การชนกันระหว่างวัตถุที่มีมวลต่างกัน

รายละเอียดของการทำกิจกรรมจะได้นำเสนอในส่วนของกิจกรรมการการทดลองในช่วงต่อไป

ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ มีส่วนประกอบทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

1. รางลมลดแรงเสียดทาน
2. ชุดจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ
3. รถทดลอง



รูปที่ 1 แสดงชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1. ชุดรางลมลดแรงเสียดทาน

ชุดรางลมลดแรงเสียดทาน ทำจากอลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบาและเรียบ ซึ่งจะเจาะรูไว้ด้านบน เพื่อให้ลมเคลื่อนที่ผ่านมาตามรูที่เจาะสำหรับยกรถทดลองให้ลอยขึ้นไม่สัมผัสกับผิวรางลม เป็นการลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่

รางลมสามารถปรับระดับให้อยู่ในแนวระดับได้โดยมีขาตั้งทั้งหมด 3 ขา ซึ่งจะสามารถปรับระดับความสูงของรางลมได้ที่ขาปรับระดับ โดยการหมุนขาตั้งที่ทำมาจากน็อตเกลียวที่หมุนได้โดยรอบเพื่อปรับให้สูงต่ำได้ในขณะทำการทดลอง

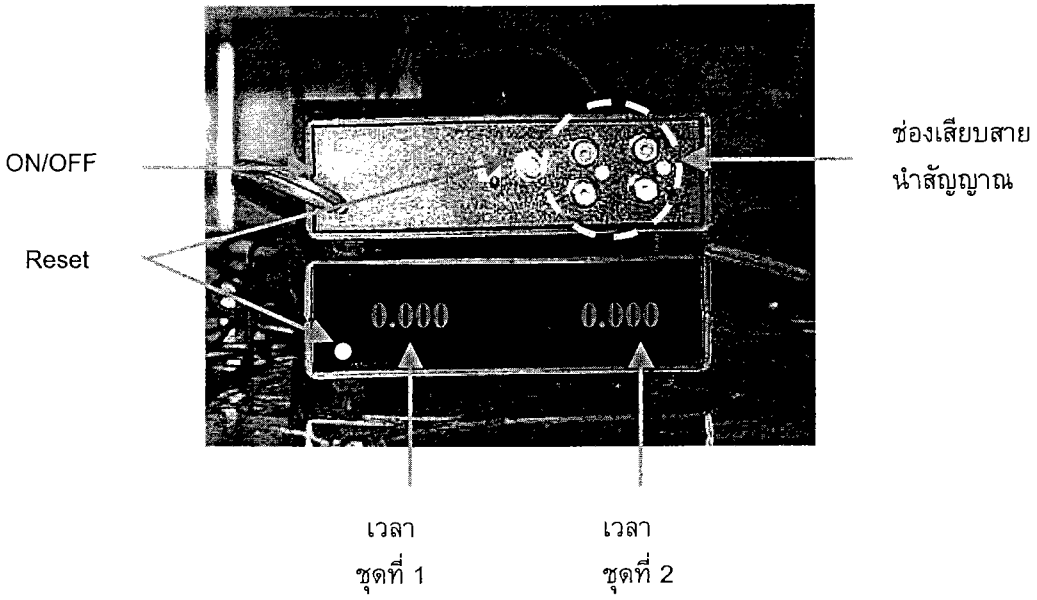
นอกจากนี้ชุดรางลมยังประกอบด้วยชุดกำเนิดลม ทำหน้าที่ในการลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ ชุดกำเนิดลมทำมาจากเครื่องเป่าลม ซึ่งต้องใช้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าเครื่องเป่าลม ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับมอเตอร์ และต่อท่อลมพลาสติกทางด้านลมออกของเครื่องเป่าลมกับรางลมลดแรงเสียดทาน ซึ่งมีเข็มขัดรัดไว้กับหัวต่อระหว่างรางลมกับท่อพลาสติก

ชุดกำเนิดลมสามารถปรับระดับความแรงลมได้ โดยการปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าเครื่องเป่าลม โดยใช้หลักการเพิ่มและลดความต้านทานกระแสไฟฟ้าก่อนผ่านเข้าเครื่องเป่าลม ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านมาก จะทำให้แรงลมมาก ในทางตรงข้ามกระแสผ่านน้อย แรงลมจะน้อยลง ทำได้โดยการหมุนปุ่มปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับเครื่องเป่าลม

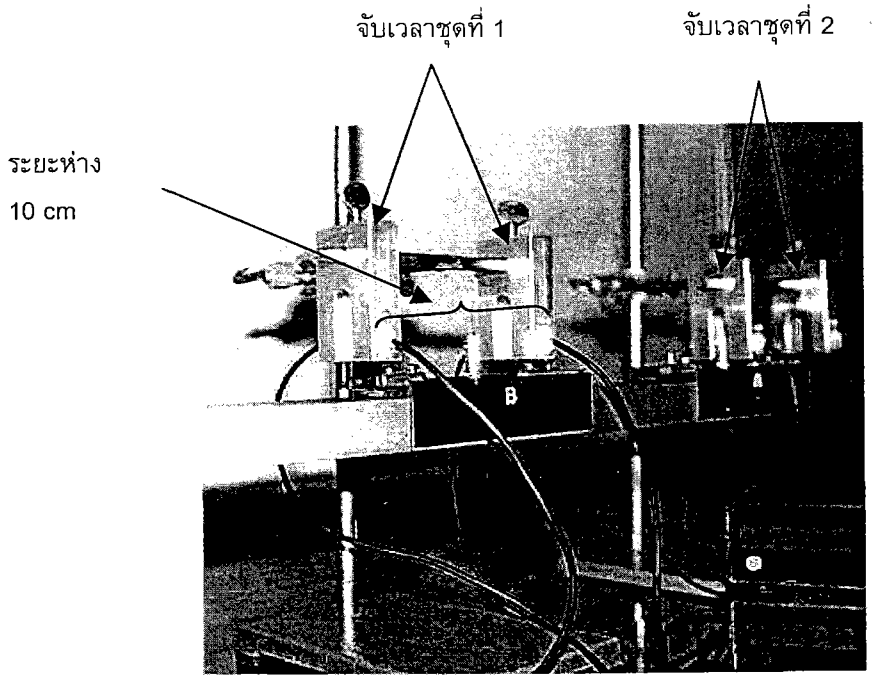
2. ชุดจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2.1 ส่วนประกอบและหน้าที่โดยทั่วไป

ชุดจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ สำหรับชุดทดลองมีจำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุแต่ละคัน ทั้งไปและกลับได้ ซึ่งแต่ละชุดจะกำหนดตำแหน่งการจับเวลาได้ 2 จุด รวมการจับเวลาการเคลื่อนที่ของชุดการทดลองทั้งหมด 4 จุด ทั้งนี้ชุดจับเวลาสามารถจับเวลาได้ไม่เกิน 9.999 วินาที โดยแสดงผลการจับเวลาเป็นตัวเลขทศนิยม หลังจุดทศนิยมสามหลักในหน่วย วินาที โดยระยะห่างของตำแหน่งการจับเวลาระหว่างจุด 2 จุด ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งสามารถปรับเลื่อนระยะทางได้ (ทั้งนี้กำหนดไว้ที่ 10 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการคำนวณ)



รูปที่ 2 แสดงชุดจับเวลาการเคลื่อนของวัตถุ ส่วนที่แสดงผลด้วยตัวเลขทั้งด้านหน้าและด้านหลัง



รูปที่ 3 แสดงขาเซ็นเซอร์ จำนวน 4 จุด ในชุดจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

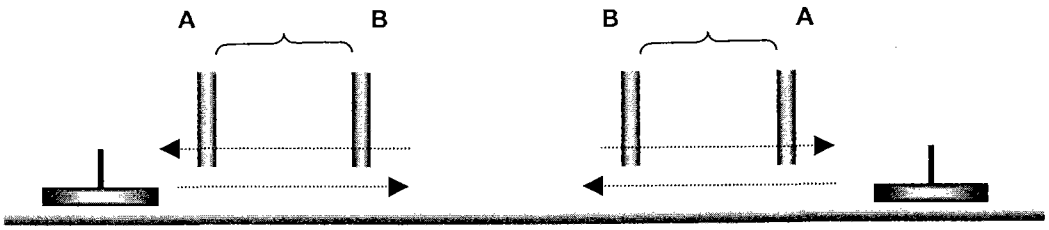
หลักการทำงานของชุดจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อต่อสายสัญญาณเข้ากับขาเซ็นเซอร์และเครื่องจับเวลาแล้ว ตรวจสอบการทำงานโดยการเปิดเครื่อง จะแสดงผล 0.000 0.000 แสดงว่าพร้อมใช้งาน หากแสดงผล " E E " แสดงว่า ต่อไม่ถูกต้องหรือการต่อสายสัญญาณไม่แน่น ให้ตรวจสอบใหม่อีกครั้ง

2.2 การแสดงผลและการอ่านค่าตัวเลข

การแสดงตัวเลขหน้าจอของเครื่องจับเวลา คือ ค่าของเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งแสดงตัวเลขทั้งหมด 2 ชุด ตัวเลขแต่ละชุดมีความหมาย ดังนี้

ตัวเลขชุดที่ 1 คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากจุด A ถึง จุด B

ตัวเลขชุดที่ 2 คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากจุด B ถึง จุด A (หลังการชน)



รูปที่ 4 แสดงการเคลื่อนที่ผ่านชุดจับเวลาขาไปและกลับ เพื่อจับเวลาในการเคลื่อนที่

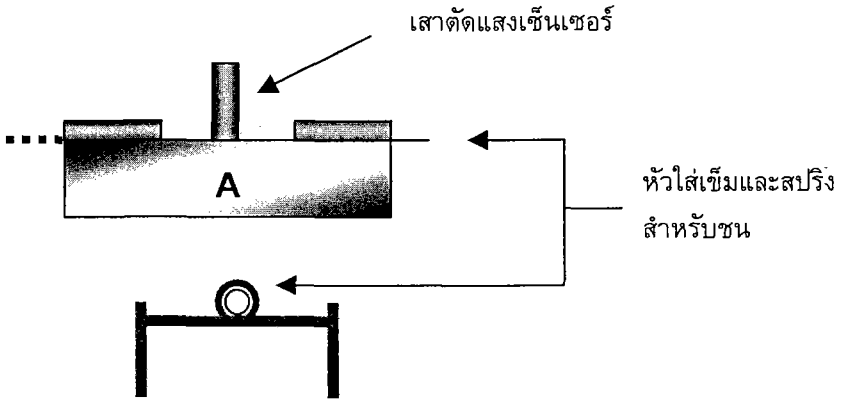
การนำเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุไปคำนวณหาอัตราเร็ว มีวิธีการดังนี้

1. การคำนวณหาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุขาไป ให้นำเวลาชุดที่ 1 ไปคำนวณ
2. การคำนวณหาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุขากลับ (หลังการชน) ให้ใช้เวลาชุดที่ 2

3. รถทดลอง

รถทดลองทำจากพลาสติกอคิลิคที่ประกอบขึ้นเป็นรถทดลองให้มีขนาดพอดีกับรางลม ส่วนบนของรถทดลองจะติดแกนทองเหลืองไว้ที่หัว-ท้ายของรถทดลอง เพื่อใช้ต่อกับสปริงและหัวเข็ม สำหรับการชนแบบยืดหยุ่นและแบบไม่ยืดหยุ่นตามลำดับ

ด้านบนของรถทดลองยังติดตั้งเสาทองเหลืองเพื่อทำหน้าที่ในการบังลำแสง (เซ็นเซอร์) เพื่อให้ชุดจับเวลาการเคลื่อนที่เริ่มแสดงเวลาและหยุดเวลาเมื่อมีวัตถุมาบังลำแสงจนหมดตามลำดับ



<u>รูปที่ 5</u> รูปจำลองรถทดลองด้านข้างและด้านหน้า

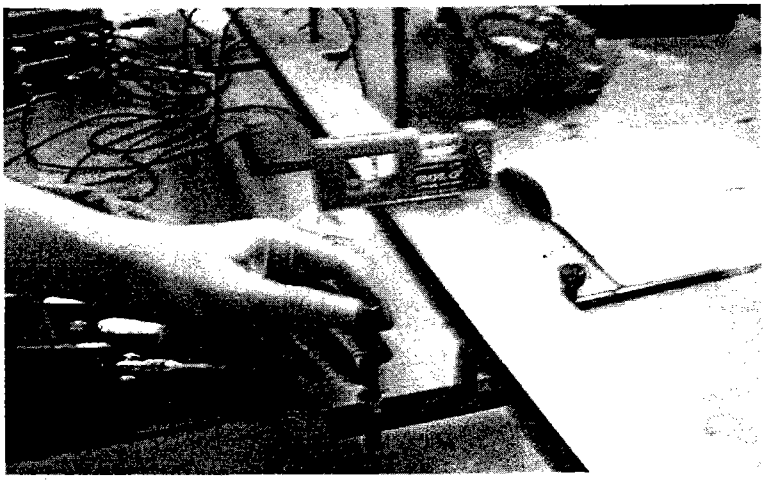
การใช้งานรถทดลอง เพียงนำเข็มหรือสปริงต่อเข้าไปในหัวทองเหลืองที่อยู่ด้านหัวและด้านท้ายของรถทดลองทั้งสองข้างขันน็อตให้แน่น จากนั้นก็นำไปวางบนรางลมเพื่อทดลองการชน

หมายเหตุ

1. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นให้ใช้ด้านที่เป็นเข็มแทงเข้าตรงด้านที่เป็นดินน้ำมันของรถทดลองอีกคัน
2. การชนแบบยืดหยุ่นให้ใช้ดานที่เป็นสปริงเข้าชนกับรถทดลองอีกคันที่ไม่มีอะไรติดอยู่

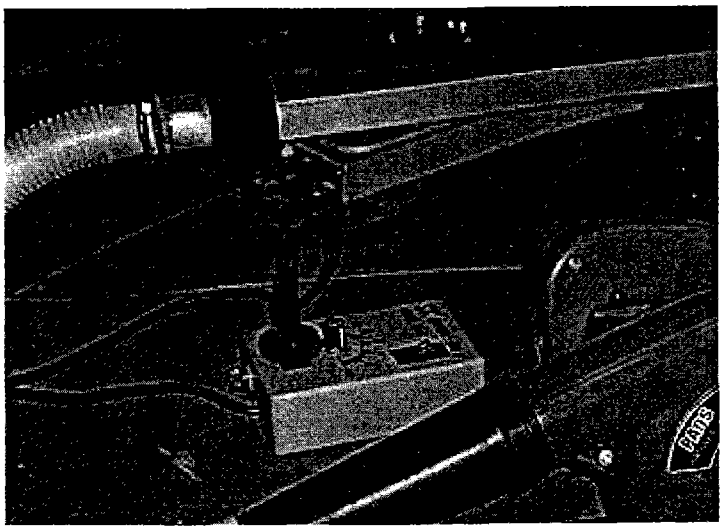
การติดตั้งและวิธีใช้ชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

1. นำรางลมลดแรงเสียดทานตั้งบนโต๊ะที่มีพื้นเรียบ และปรับระดับความสูงต่ำด้วยการหมุนขาตั้งทั้งสองข้างให้อยู่ในแนวระดับ ซึ่งสามารถตรวจสอบความเอียงด้วยพายน้ำ ที่สามารถวางบนรางลมเพื่อตรวจสอบความเอียงได้



รูปที่ 6 แสดงการปรับระดับรางลม และการตรวจสอบความเอียงด้วยพายน้ำ

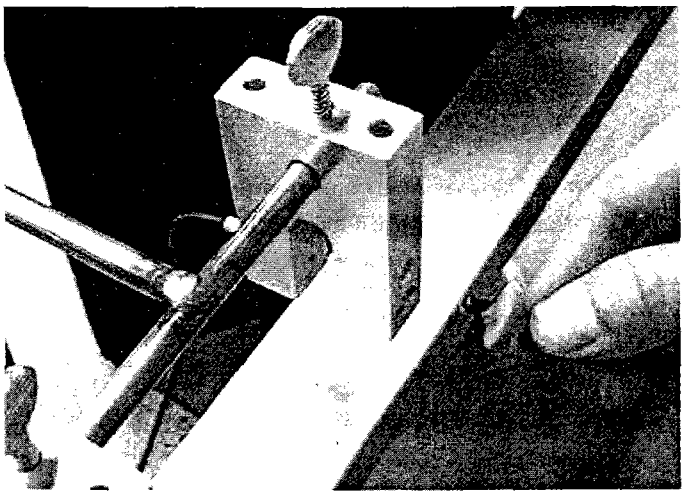
2. นำท่อลมต่อเข้ากับเครื่องเป่าลมและหัวต่อของรางลม รัดให้แน่นด้วยเข็มขัดรัด
3. ตรวจสอบการทำงานเบื้องต้นด้วยการเปิดเครื่องเป่าลมให้ลมเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในรางลม หลังจากนั้นนำรถทดลองวางบนรางลม เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่
4. ปรับความแรงลมให้พอเหมาะกับความต้องการ เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างรถทดลองกับรางลม และปรับความเอียงของรางลมอีกครั้งโดยสังเกตจากรถทดลองต้องให้หยุดนิ่ง



รูปที่ 7 แสดงการต่อท่อลมเข้ากับรางลม และตัวปรับความแรงลม

5. นำขาเซ็นเซอร์ประกอบเข้ากับขาตั้งจับขาเซ็นเซอร์ ปรับระยะห่างระหว่างขาเซ็นเซอร์ให้มีความเหมาะสม (อาจกำหนดเป็น 10 เซนติเมตร เพื่อความเหมาะสมและสะดวกในการคำนวณ) ปรับระดับความสูงของขาเซอร์ให้อยู่เหนือรางลมและมีระดับความสูงพอดีกับเสาเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่บนรถทดลอง โดยให้เสาเซ็นเซอร์ของรถทดลองสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างของขาเซ็นเซอร์ได้พอดี

6. ต่อสายนำสัญญาณเข้ากับขาเซ็นเซอร์และเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยนำด้านที่เป็นสายสีแดงต่อกับช่องเสียบสีแดงของเครื่องจับเวลา และสายสีดำต่อกับช่องเสียบสีดำของเครื่องจับเวลา



<u>รูปที่ 7</u> แสดงการนำสายสัญญาณต่อเข้ากับขาเซ็นเซอร์

7. ทดลองเปิดสวิตช์ และกดปุ่ม Reset ถ้าการติดตั้งถูก จะแสดงผล 0.000 แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้ว

8. ถ้าเครื่องมือพร้อม สามารถใช้งานได้ทันทีโดยให้วัตถุที่ต้องการจับเวลาวิ่งตัดลำแสงจากจุด start เครื่องจะคงเวลาที่ได้จนกว่าจะมีการกดปุ่ม หรือปิดเครื่อง

<u>การดูแลรักษาชุดทดลอง</u>

1. หลังจากใช้ชุดทดลองแล้ว ให้กดปุ่ม Reset ของเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ กดสวิตช์ปิดเครื่องให้เรียบร้อย ถอดปลั๊กสายไฟ และถอดสายนำสัญญาณออกจากเครื่องและขาเซ็นเซอร์แล้วจัดเก็บให้เรียบร้อย

2. ระวังอย่าให้รางลมตกหรือได้รับแรงกระแทก เพราะจะทำให้รางลมบุบหรืองอ เพราะจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้

3. ควรเก็บในที่ร่ม ไม่ควรเก็บในแหล่งที่มีความร้อนสูง และบริเวณที่มีฝุ่นมาก

4. ควรมีกล่องใส่อุปกรณ์แต่ละชนิดอย่างมิดชิด เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและป้องกันการกระแทก รวมทั้งป้องกันฝุ่นละอองและสารเคมี

กิจกรรมที่ 1

เรื่อง ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น

การทดลองที่ 1 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2

การทดลองที่ 2 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2

การทดลองที่ 3 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน

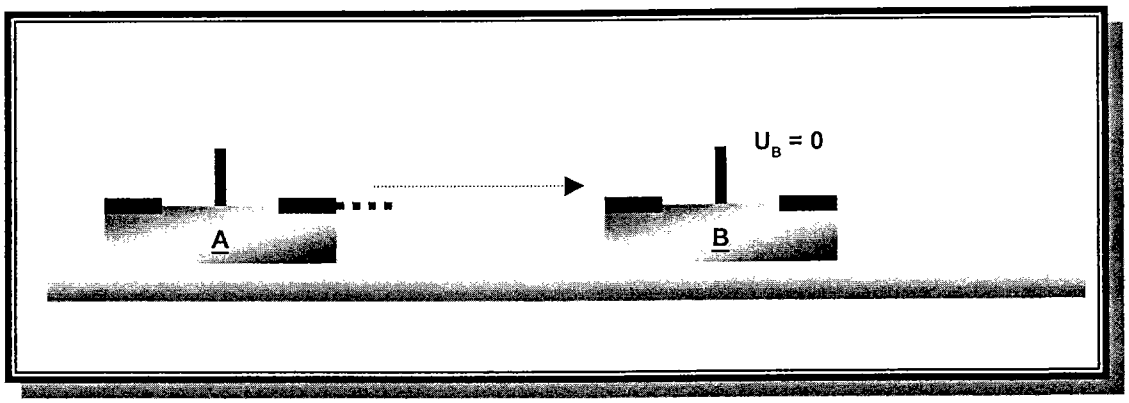
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการชนแบบยืดหยุ่น กรณีที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด

ตอนที่ 1 การชนกันแบบที่ 1

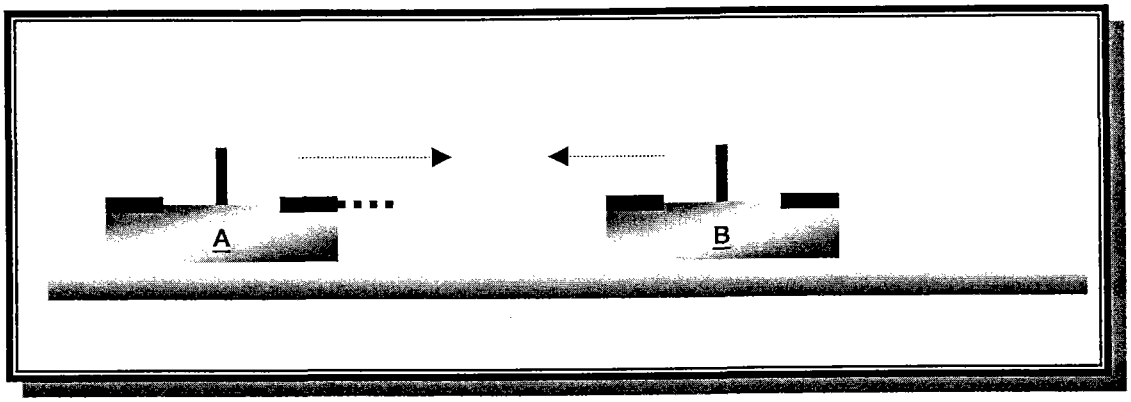


รูปที่ 1 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 2 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
4. ออกแรงผลักรถทดลอง A หรือ B ให้เข้าชนกับรถทดลองอีกคันหนึ่งที่จอดนิ่ง (U = 0) ด้วยความเร็วค่าหนึ่งสังเกตผลการทดลองและบันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองข้อ 4 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2



รูปที่ 2 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

วิธีการทดลอง

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 , 2 และ 3 ในตอนที่ 1
2. ออกแรงผลักรถทดลองทั้ง A และ B ให้เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกันค่าหนึ่ง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
3. ทำการทดลองข้อ 2 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

การทดลองที่ 2 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน

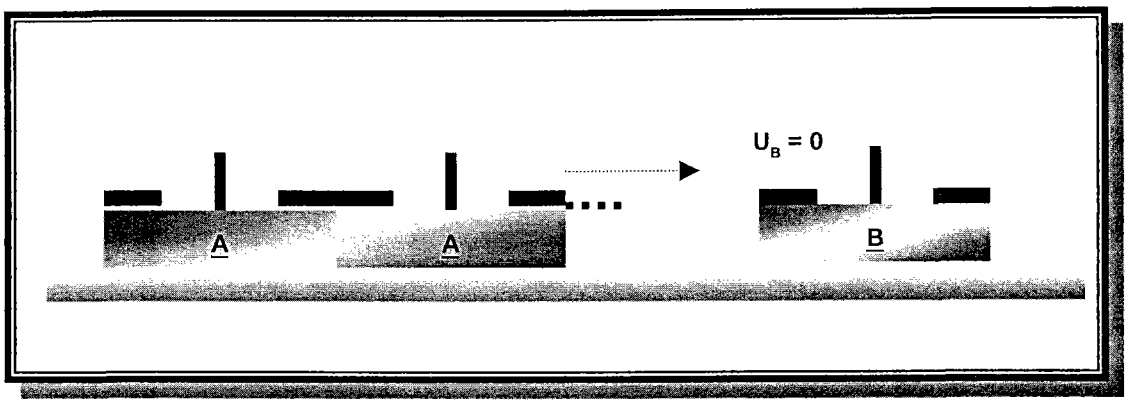
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการชนแบบยืดหยุ่น กรณีที่มีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด

ตอนที่ 1 การชนกันแบบที่ 1

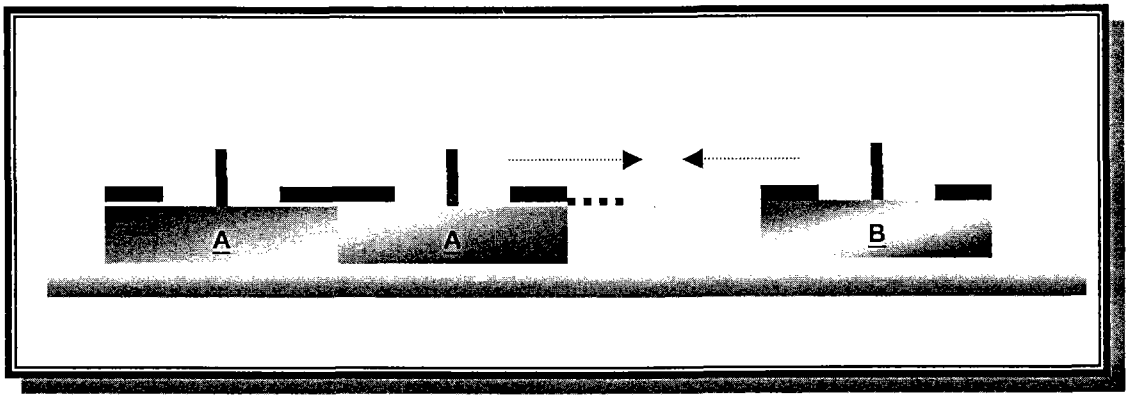


รูปที่ 3 แสดงจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 3 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
4. ออกแรงผลักรถทดลองคันที่มีมวลมากกว่า (รถ A) ให้เข้าชนกับรถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่า (รถ B) ซึ่งจอดนิ่ง ด้วยความเร็วค่าหนึ่งสังเกตผลการทดลอง
5. ออกแรงผลักรถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่า (รถ B) ให้เข้าชนกับรถทดลองคันที่มีมวลมากกว่า (รถ A) ซึ่งจอดนิ่ง ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
6. ทำการทดลองข้อ 4 และ 5 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2



รูปที่ 4 แสดงจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2

วิธีการทดลอง

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 , 2 และ 3 ในตอนที่ 1
2. ออกแรงผลักรถทดลองทั้ง A และ B ให้เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกันค่าหนึ่ง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
3. ทำการทดลองข้อ 2 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน

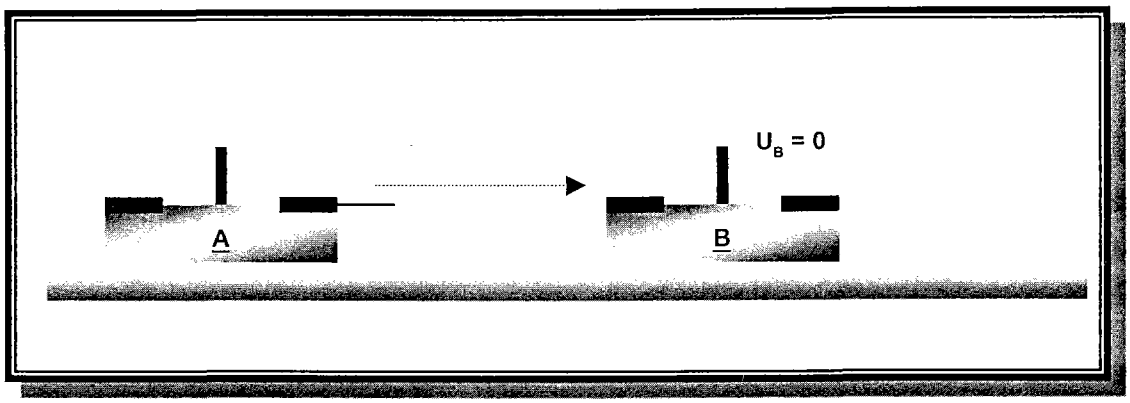
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด

ตอนที่ 1 การชนกันแบบที่ 1

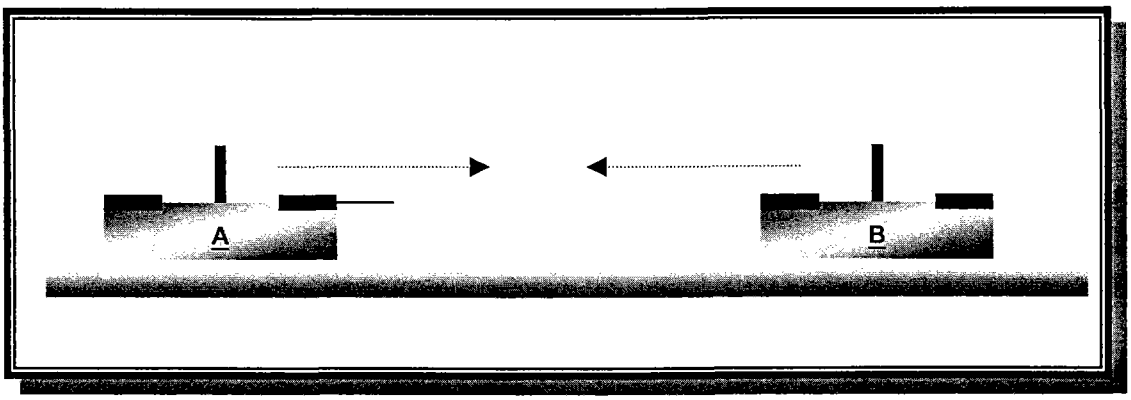


รูปที่ 5 แสดงภาพจำลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 2 คัน โดยนำเข็มติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน โดยหันด้านที่ติดตั้งเข็มเข้าหาด้านที่ติดดินน้ำมันของรถทดลองอีกคัน
3. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
4. ออกแรงผลักรถทดลอง A หรือ B ให้เข้าชนกับรถทดลองอีกคันที่จอดนิ่ง ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองข้อ 4 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2



รูปที่ 6 แสดงภาพจำลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

วิธีการทดลอง

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 , 2 และ 3 ในตอนที่ 1
2. ออกแรงผลักรถทดลองทั้ง A และ B ให้เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกันค่าหนึ่ง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
3. ทำการทดลองข้อ 2 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 1</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 2</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ค. ลักษณะการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างหลังการชนอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 2</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 1</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 2</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 2</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ข. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 2 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ค. ลักษณะการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างหลังการชนอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 3</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 1</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 3</u> เรื่อง การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

<u>ตอนที่ 2</u>

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. หลังจากการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ข. หลังจากการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ค. ลักษณะการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างหลังการชนอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมที่ 1
เรื่อง ศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✗ ลงในกระดาษคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. พิจารณาข้อความต่อไปนี้
   1. โมเมนตัม คือ ปริมาณที่ใช้บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
   2. โมเมนตัมมีค่าเท่ากับผลคูณของมวลกับความเร็วของวัตถุนั้น

   ข้อความใดเหมาะสมที่สุด
   ก. ข้อ 1 และ ข้อ 2 ถูก ข้อ 1 ทำให้ความหมาย ข้อ 2 ชัดเจน
   ข. ข้อ 1 และ ข้อ 2 ถูก ข้อ 2 ทำให้ความหมาย ข้อ 1 ชัดเจน
   ค. ข้อ 1 ถูก และ ข้อ 2 ผิด
   ง. ข้อ 1 ผิด และ ข้อ 2 ถูก

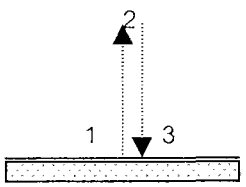
2. ข้อใดบอกความหมายของโมเมนตัม<u>ไม่ถูกต้อง</u>
   ก. มีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ
   ข. เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีค่าขึ้นกับมวลและความเร็ว
   ค. เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศเดียวกับความเร็ว
   ง. เป็นปริมาณสเกลาร์

3. วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะต้องมีปริมาณใดเสมอ
   ก. ความเร่ง
   ข. การดล
   ค. พลังงานจลน์
   ง. พลังงานศักย์

4. เมื่อความเร็วของวัตถุหนึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า จะได้ว่า
   ก. ความเร่งของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า
   ข. โมเมนตัมของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า
   ค. พลังงานจลน์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า
   ง. พลังงานศักย์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

5. ในการโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งแล้วตกกลับลงมา ที่ตำแหน่งใดโมเมนตัมของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์

   ก. ตำแหน่งที่ 1
   ข. ตำแหน่งที่ 2
   ค. ตำแหน่งที่ 3
   ง. โมเมนตัมของวัตถุทุกตำแหน่งมีค่ามากกว่าศูนย์



6. วัตถุ A วิ่งเข้าชนวัตถุ B ที่อยู่นิ่ง ในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล ผลปรากฏว่า วัตถุ A หยุดนิ่ง แต่วัตถุ B เคลื่อนที่ออกไป จะสรุปผลว่าอย่างไร
   ก. วัตถุ A ถ่ายโอนโมเมนตัมไปยังวัตถุ B ได้
   ข. วัตถุ A ถ่ายโอนความเร็วให้วัตถุ B ได้
   ค. ไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบ
   ง. เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

7. จากการทดลองการชนแบบยืดหยุ่นให้วัตถุ A ที่มีความเร็วเป็น 2u เข้าชนกับวัตถุ B ซึ่งมีมวลเท่ากัน แต่มีความเร็ว 4u ในทิศสวนทางกัน ผลเป็นอย่างไร
   ก. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าเดิม
   ข. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าวัตถุ B
   ค. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วหยุดนิ่งหลังจากการชน
   ง. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วยังคงเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม แต่มีความเร็วลดลงครึ่งหนึ่งของความเร็วเดิม

8. วัตถุหนึ่ง เมื่อระเบิดแตกออกเป็น 2 เสี่ยง จะพบว่า
   ก. ทั้ง 2 เสี่ยงเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้าม ในบางครั้ง
   ข. ทั้ง 2 เสี่ยงมีพลังงานจลน์เท่ากันเสมอ
   ค. ทั้ง 2 เสี่ยงมีโมเมนตัมเท่ากันเสมอ
   ง. รวมโมเมนตัมของทั้ง 2 เสี่ยงต้องเท่ากับโมเมนตัมก่อนระเบิด

9. ในการชนแบบยืดหยุ่น ถ้ารถสองคันมีมวลเท่ากันเคลื่อนที่เข้าหากันในแนวเส้นตรงเดียวกัน ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน หลังจากชนกันแล้วรถทั้งสองคันเป็นอย่างไร
   ก. กระดอนกลับด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม
   ข. ติดกันไปโดยความเร็วมีขนาดครึ่งหนึ่งของเดิม
   ค. คันหนึ่งหยุดนิ่งอีกคันถอยหลังด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม
   ง. รถทั้งสองคันหยุดนิ่งทั้งคู่

10. ถ้าขว้างลูกบอลเข้ากระทบกำแพงด้วยอัตราเร็ว v ในแนวตั้งฉากกับกำแพง พบว่าลูกบอลสะท้อนกลับแนวเดิมด้วยอัตราเร็ว v แรงในข้อใดที่ทำให้โมเมนตัมของลูกบอลเปลี่ยนไป
   ก. แรงลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์
   ข. แรงที่ลูกบอลกระทำกับกำแพง
   ค. แรงที่ใช้ขว้างลูกบอล
   ง. แรงที่กำแพงกระทำต่อลูกบอล

11. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน
    ก. เมื่อวัตถุเข้าชนกันแล้ว จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลง ขึ้นอยู่กับมวล
    ข. เมื่อวัตถุเข้าชนกัน จะถ่ายโอนโมเมนตัมให้แก่กัน
    ค. เมื่อวัตถุเข้าชนกัน จะสะท้อนกลับในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางเดิมเสมอ
    ง. ถูกทุกข้อ

12. การดลที่กระทำบนวัตถุหนึ่งจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาณใดต่อไปนี้
    ก. ความเร็ว
    ข. โมเมนตัม
    ค. พลังงานจลน์
    ง. แรง

13. ในการทดลองการชนแบบยืดหยุ่น วัตถุ A มีซึ่งมีมวลมากกว่า วิ่งเข้าชนวัตถุ B ซึ่งหยุดนิ่ง ผลจะเป็นอย่างไร
    ก. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A หยุดนิ่ง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ข. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A หยุดนิ่ง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ค. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A สะท้อนกลับด้วยความเร็วที่ลดลง และวัตถุ B เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วของวัตถุ A ก่อนชน
    ง. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ B จนหมด หลังการชน วัตถุ A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันในทิศทางเดิม แต่มีความเร็วลดลง

14. การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์มีปริมาณใดที่คงที่
    ก. พลังงานจลน์ แต่ไม่ใช่โมเมนตัม
    ข. โมเมนตัม แต่ไม่ใช่พลังงานจลน์
    ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์
    ง. ไม่คงที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัม

15. จากการทดลองการชนแบบยืดหยุ่นให้วัตถุ A ที่มีความเร็วเป็น 2u เข้าชนกับวัตถุ B ซึ่งมีมวลเท่ากัน แต่มีความเร็ว 4u ในทิศสวนทางกัน ผลเป็นอย่างไร
    ก. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าเดิม
    ข. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าวัตถุ B
    ค. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วหยุดนิ่งหลังจากการชน
    ง. วัตถุ A ถ่ายโอนพลังงานให้กับวัตถุ B จนหมด แล้วยังคงเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม แต่มีความเร็วลดลงครึ่งหนึ่งของความเร็วเดิม

16. การชนของวัตถุในข้อใดน่าจะเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น
    ก. การเตะลูกฟุตบอลเข้ากระทบกำแพง
    ข. รถบรรทุกวิ่งเข้าชนเสาไฟฟ้า
    ค. การชนกันของลูกบิลเลียด
    ง. การชนกันของโมเลกุลในอากาศ

17. แรงเสียดทานมีผลต่อระบบที่เราพิจารณาสำหรับการทดลองเรื่องการชนอย่างไร
    ก. แรงเสียดทานไม่มีผลต่อการทดลองแต่อย่างใด
    ข. แรงเสียดทานทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้น
    ค. แรงเสียดทานทำให้ผลการการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น
    ง. แรงเสียดทานจะต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องมีการควบคุมการทดลองไม่มีแรงเสียดทาน

18. เมื่อวัตถุตั้งแต่ 2 ก้อนขึ้นไปชนกัน ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริงเสมอ
    ก. โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ข. พลังงานจลน์ของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ค. โมเมนตัมทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง
    ง. พลังงานจลน์ทั้งหมดเปลี่ยนแปลง

19. ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้ได้กับข้อใด
    ก. การชนแบบยืดหยุ่น
    ข. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
    ค. การชนทุกรูปแบบยกเว้นการระเบิด
    ง. การชนทุกรูปแบบรวมทั้งการระเบิด

20. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการชนของวัตถุ
    ก. พลังงานจลน์ก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน
    ข. พลังงานรวมของระบบก่อนการชนเท่ากับพลังงานรวมของระบบหลังการชน
    ค. โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว เมื่อแรงลัพท์ที่กระทำต่อระบบไม่เป็นศูนย์
    ง. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้ไม่ได้กับวัตถุเดียว

กิจกรรมที่ 2

เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

การทดลองที่ 4 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

การทดลองที่ 5 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

การทดลองที่ 6 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1

การทดลองที่ 7 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2

การทดลองที่ 8 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

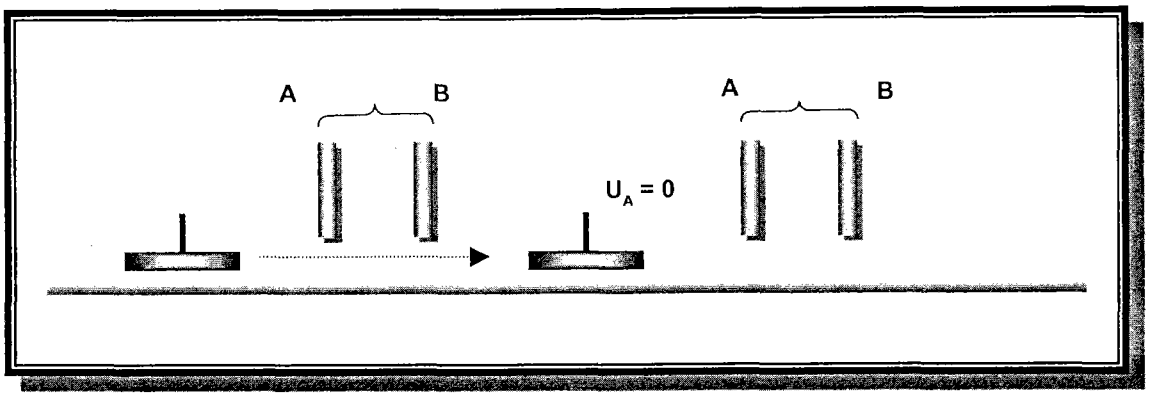
การทดลองที่ 4 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 7 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1
เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 2 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. ติดตั้งเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ากับชุดทดลอง พร้อมทั้ง Reset เวลาให้เป็น " 0.000 " ทั้งสองชุด เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
5. ออกแรงผลักรถทดลอง A ให้เข้าชนกับรถทดลอง B ที่จอดนิ่งอยู่ระหว่างชุดจับเวลาทั้งสองชุด อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัด บันทึกผล
6. กดปุ่ม Reset แล้ว ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 หลาย ๆ ครั้ง
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร็วของวัตถุ , ผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์รวมทั้งก่อนชนและหลังชน
8. นำผลการทดลองที่คำนวณได้ ไปศึกษาและเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

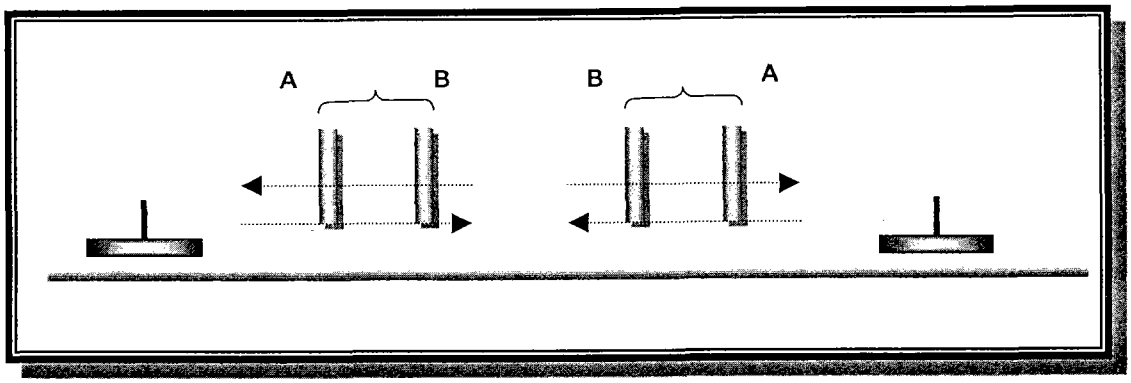
การทดลองที่ 5 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 8 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2
เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 2 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. ติดตั้งเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ากับชุดทดลอง พร้อมทั้ง Reset เวลาให้เป็น " 0.000 , 0.000 " ทั้งสองชุด เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
5. ออกแรงผลักรถทดลองทั้ง A และ B ให้เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกันค่าหนึ่ง อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัด บันทึกผล
6. กดปุ่ม Reset แล้ว ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 หลาย ๆ ครั้ง
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร็วของวัตถุ , ผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์รวมทั้งก่อนชนและหลังชน
8. นำผลการทดลองที่คำนวณได้ ไปศึกษาและเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

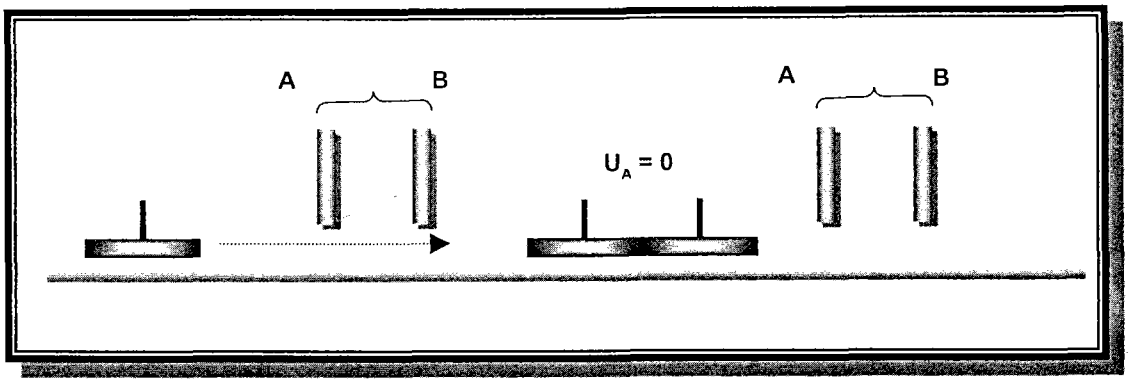
การทดลองที่ 6 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 9 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1 เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 3 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. ติดตั้งเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ากับชุดทดลอง พร้อมทั้ง Reset เวลาให้เป็น " 0.000 , 0.000 " ทั้งสองชุด เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
5. ออกแรงผลักรถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่า (รถ B) ให้เข้าชนกับรถทดลองคันที่มีมวลมากกว่า (รถ A) ที่จอดนิ่งอยู่ระหว่างชุดจับเวลาทั้งสองชุด อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัด บันทึกผล
6. กดปุ่ม Reset แล้ว ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 หลาย ๆ ครั้ง
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร็วของวัตถุ , ผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์รวมทั้งก่อนชนและหลังชน
8. นำผลการทดลองที่คำนวณได้ ไปศึกษาและเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

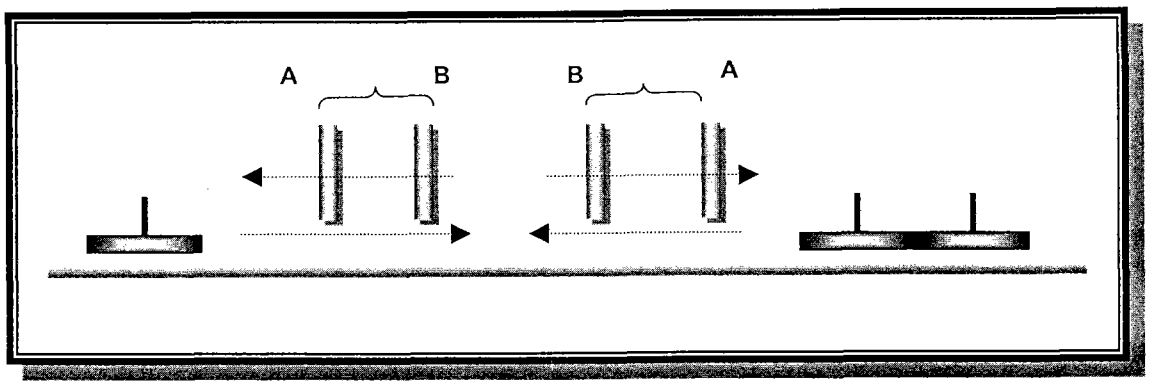
การทดลองที่ 7 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 10 แสดงภาพจำลองการชนแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2
เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 3 คัน โดยนำสปริงติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน
3. ติดตั้งเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ากับชุดทดลอง พร้อมทั้ง Reset เวลาให้เป็น " 0.000 , 0.000 " ทั้งสองชุด เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
5. ออกแรงผลักรถทดลองทั้ง A และ B ให้เข้าชนกันด้วยความเร็วที่ต่างกันค่าหนึ่ง อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัด บันทึกผล
6. กดปุ่ม Reset แล้ว ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 หลาย ๆ ครั้ง
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร็วของวัตถุ , ผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์รวมทั้งก่อนชนและหลังชน
8. นำผลการทดลองที่คำนวณได้ ไปศึกษาและเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

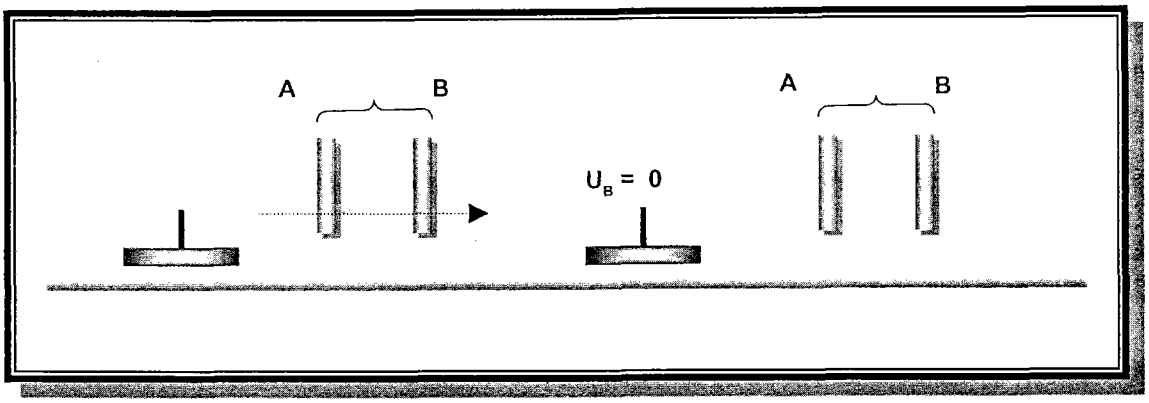
การทดลองที่ 8 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน

อุปกรณ์

- ชุดทดลองโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ จำนวน 2 ชุด



รูปที่ 11 แสดงภาพจำลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1
เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ตามคู่มือการใช้
2. เตรียมรถทดลอง 2 คัน โดยนำเข็มไปติดตั้งที่ปลายข้างหนึ่งของรถทดลอง A หรือ B แล้วนำรถทดลองทั้งสองคันไปวางบนรางลมลดแรงเสียดทาน โดยหันด้านที่ติดเข็มเข้าหาด้านที่ติดดินน้ำมันของรถทดลองอีกคัน
3. ติดตั้งเครื่องจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ากับชุดทดลอง พร้อมทั้ง Reset เวลาให้เป็น " 0.000 " ทั้งสองชุด เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. เปิดเครื่องเป่าลมและปรับความแรงลมให้พอเหมาะโดยการหมุนตัวปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้กับเครื่องเป่าลม
5. ออกแรงผลักรถทดลอง A ให้เข้าชนกับรถทดลอง B ที่จอดนิ่งอยู่ระหว่างชุดจับเวลาทั้งสองชุด อ่านค่าเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัด บันทึกผล
6. กดปุ่ม Reset แล้ว ทำการทดลองซ้ำในข้อ 5 หลาย ๆ ครั้ง
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร็วของวัตถุ , ผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์รวมทั้งก่อนชนและหลังชน
8. นำผลการทดลองที่คำนวณได้ ไปศึกษาและเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

บันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 4 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)				
ความเร็ว (v)				
โมเมนตัมรวม ($\Sigma \vec{p}$)				
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)				

m_A = ... kg ; m_B = ... kg ; S = 0.100 m

ความคลาดเคลื่อน = ... %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\ 2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\ 2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชน

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 5 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)				
ความเร็ว (v)				
โมเมนตัมรวม (Σp)				
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)				

m_A = ... kg ; m_B = ... kg ; S = 0.100 m

ความคลาดเคลื่อน = ... %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($V = \frac{S}{t}$)

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\ 2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\ 2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชน

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

****

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 6 การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)				
ความเร็ว (v)				
โมเมนตัมรวม (Σp)				
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)				

m_A = ... kg ; m_B = ... kg ; S = 0.100 m

ความคลาดเคลื่อน = ... %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$

และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\ 2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\ 2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชน

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 7</u> การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)				
ความเร็ว (v)				
โมเมนตัมรวม (Σp)				
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)				

m_A = ... kg ; m_B = ... kg ; S = 0.100 m

ความคลาดเคลื่อน = ... %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$

และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\ 2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\ 2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชน

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

****

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 8 การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

วัน / เดือน / ปี ..... **กลุ่มที่** .....

ผู้ทดลอง

1)..... 2).....

3)..... 4).....

5)..... 6).....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

.....

1. ตัวแปรต้น .....
2. ตัวแปรตาม .....
3. ตัวแปรควบคุม .....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน
	A	B	A และ B
เวลา (t)			
ความเร็ว (v)			
โมเมนตัมรวม (Σp)			
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)			

m_A = ... kg ; m_B = ... kg ; S = 0.100 m

ความคลาดเคลื่อน = ... %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($V = \frac{S}{t}$)

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma \vec{p}) = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma \vec{p}) = (m_A + m_B)\vec{v}$

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\ 2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\ 2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนเหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชน

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

****

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

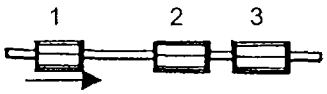
แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมที่ 2
เรื่อง ศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

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

1. การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์มีปริมาณใดที่คงที่
   ก. พลังงานจลน์ แต่ไม่ใช่โมเมนตัม
   ข. โมเมนตัม แต่ไม่ใช่พลังงานจลน์
   ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์
   ง. ไม่คงที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัม

2. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการชนของวัตถุ
   ก. พลังงานจลน์ก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน
   ข. พลังงานรวมของระบบก่อนการชนเท่ากับพลังงานรวมของระบบหลังการชน
   ค. โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว เมื่อแรงลัพท์ที่กระทำต่อระบบไม่เป็นศูนย์
   ง. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้ไม่ได้กับวัตถุเดียว

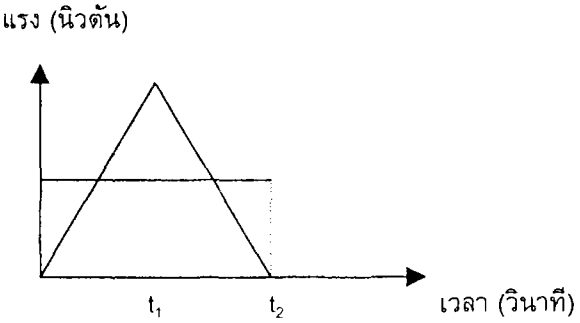
3. ปลอกเหล็ก 3 อัน เหมือนกันทุกประการ สวมอยู่กับแกนลื่นอยู่ในแนวระดับ ปลอกเหล็กอันที่ 1 เคลื่อนที่เข้าชน อันที่ 2 ซึ่งอยู่นิ่งแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ด้วยความเร็ว u จากนั้นอันที่ 2 เข้าชนอันที่ 3 แบบเดียวกันอีก หลังชนกันหมดแล้วปลอกเหล็กอันที่ 3 จะมีความเร็วเท่าไร
   ก. u
   ข. u/2
   ค. u/3
   ง. u/4



4. ถ้ามวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\bar{u}$ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ Δt ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น $\bar{v}$ แรงคงตัวนั้นมีค่าเท่าไร
   ก. $(m\bar{v} - m\bar{u})/\Delta t$
   ข. $(m\bar{v} + m\bar{u})/\Delta t$
   ค. $(mv - mu)/\Delta t$
   ง. $(mv + mu)/\Delta t$

5. ตีลูกเทนนิสมวล 100 กรัม กระทบผนังในแนวตั้งฉากด้วยความเร็ว 100 เมตร/วินาที ลูกเทนนิสกระดอนกลับด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม จะเกิดการดลขนาดเท่าไร
   ก. 10 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
   ข. 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
   ค. 30 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
   ง. 40 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

6. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อเวลาผ่านไป t_2 วัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร



ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองมีค่าเท่ากัน
ข. แรงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง มีค่าเท่ากันเสมอ
ค. พลังงานจลน์รวมของวัตถุทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่
ง. ไม่มีข้อถูก

7. ภราดรตบลูกเทนนิสที่กำลังลอยเข้าหาตัวในแนวระดับด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ให้สะท้อนกลับออกไปในแนวเดิมด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินาที โดยลูกเทนนิสกระทบไม้นาน 0.02 วินาที ถ้าลูกเทนนิสมีมวล 0.1 กิโลกรัม จงหาขนาดการดลของลูกเทนนิส
ก. 5 นิวตัน.วินาที
ข. 10 นิวตัน.วินาที
ค. 15 นิวตัน.วินาที
ง. 20 นิวตัน.วินาที

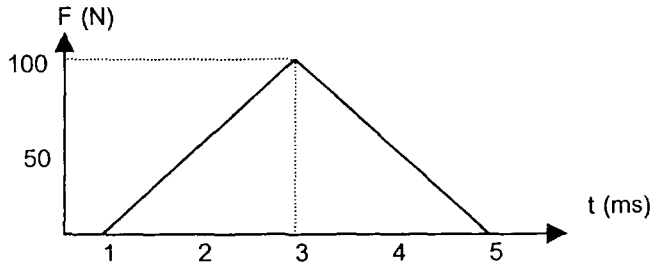
8. จากข้อ 7 แรงเฉลี่ยที่ไม้เทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิสมีค่าเท่าใด
ก. 100 นิวตัน
ข. 150 นิวตัน
ค. 200 นิวตัน
ง. 250 นิวตัน

9. บอลลูกหนึ่งมีมวล 100 กรัม เข้ากระทบไม้ตีด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที และกระดอนออกจากไม้ตีด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที ในทิศตรงข้ามกับตอนเข้ากระทบ จงหาแรงเฉลี่ยที่ไม้ตีกระทำต่อลูกบอล ถ้าลูกบอลกระทบไม้นาน 1 มิลลิวินาที
ก. 6.5×10^3 นิวตัน
ข. 7.5×10^3 นิวตัน
ค. 8.5×10^3 นิวตัน
ง. 10^4 นิวตัน

10. นักกีฬาเตะลูกบอลมวล 200 กรัม ด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที อัดกำแพง แล้วลูกบอลสะท้อนสวนออกมาด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม จงหาค่าเฉลี่ยของแรงที่กระทำต่อลูกบอล ถ้าลูกบอลกระทบกำแพงอยู่ในช่วงเวลา 0.05 วินาที
    ก. 0.1 นิวตัน
    ข. 10 นิวตัน
    ค. 20 นิวตัน
    ง. 40 นิวตัน

11. ก้อนหินมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที จะต้องใช้แรงขนาดเท่าใด จึงสามารถหยุดก้อนหินนี้ได้ในช่วงเวลา 5×10^{-3} วินาที
    ก. 1,200 นิวตัน
    ข. 2,400 นิวตัน
    ค. 3,600 นิวตัน
    ง. 4,800 นิวตัน

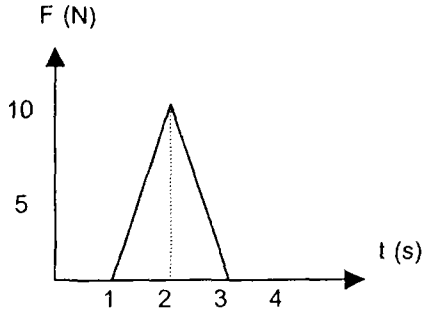
12. วัตถุก้อนหนึ่งถูกแรงกระทำดังกราฟ ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป จงหาแรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุนั้น
    ก. 20 นิวตัน
    ข. 30 นิวตัน
    ค. 40 นิวตัน
    ง. 50 นิวตัน



13. รถทดลอง A และ B มีมวลเท่ากัน วางอยู่บนพื้นราบเกลี้ยง รถ B วิ่งมาชนรถ A ซึ่งอยู่นิ่ง ด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที ปรากฏว่ารถ B หยุดนิ่ง ส่วนรถ A วิ่งตรงไปด้วยความเร็วเท่ากับรถ B ที่วิ่งมาชน แสดงว่า
    ก. โมเมนตัมคงที่
    ข. พลังงานจลน์คงที่
    ค. ข้อ ก และ ข คงที่
    ง. ไม่มีค่าใดคงที่

14. ลูกปืนมวล 5 กรัม มีความเร็ว 1000 เมตร/วินาที วิ่งทะลุผ่านแผ่นไม้มวล 1 กิโลกรัม ทำให้แผ่นไม้ มีความเร็ว 4 เมตร/วินาที จงหาความเร็วของลูกปืนหลังทะลุแผ่นไม้
    ก. 100 เมตร/วินาที
    ข. 200 เมตร/วินาที
    ค. 300 เมตร/วินาที
    ง. 400 เมตร/วินาที

15. มีแรงกระทำกับวัตถุดังรูป ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้น (จากวินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 3) จะทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าใด

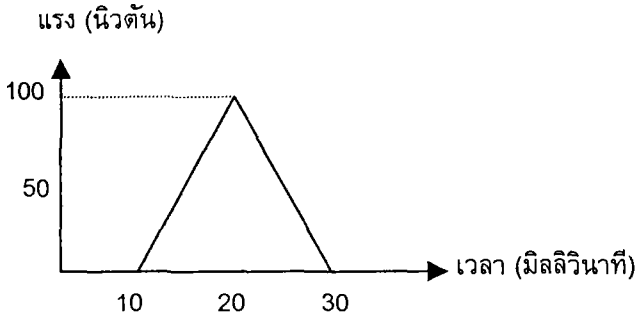


ก. 10 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
ข. 15 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
ค. 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
ง. 25 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

16. จากข้อ 15 แรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด

ก. 0.5 นิวตัน
ข. 2.5 นิวตัน
ค. 5.0 นิวตัน
ง. 7.5 นิวตัน

17. ลูกบอลมวล 25 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที ในแนวระดับ ชายคนหนึ่งใช้ไม้ตีลูกบอลนี้สวนออกมาในทิศตรงกันข้าม แรงที่กระทำต่อลูกบอลกับเวลาที่ลูกบอลกระทบไม้ตีแทนได้ด้วยกราฟนี้ อยากทราบว่าลูกบอลจะมีความเร็วเท่าใด ภายหลังกระทบไม้ตี



ก. 15 เมตร/วินาที
ข. 20 เมตร/วินาที
ค. 35 เมตร/วินาที
ง. 40 เมตร/วินาที

18. ลูกกลมเหล็กเหมือนกันสองลูกต่างก็มีมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าหากันในแนวตรงเดียวกันบนผิวราบเกลี้ยง ด้วยอัตราเร็ว 3 เมตร/วินาที แล้วชนกันตรง ๆ แบบยืดหยุ่น ลูกเหล็กทั้งสองจะเคลื่อนที่หลังชนอย่างไร

ก. ต่างก็หยุดนิ่ง
ข. ไปด้วยกันด้วยอัตราเร็ว 1.5 เมตร/วินาที
ค. แยกออกจากกันด้วยอัตราเร็ว 1.5 เมตร/วินาที
ง. แยกออกจากกันด้วยอัตราเร็ว 3.0 เมตร/วินาที

19. ลูกปืนมวล 3 กรัม มีความเร็ว 700 เมตร/วินาที วิ่งทะลุผ่านแท่งไม้มวล 600 กรัม เกิดการดล ทำให้แท่งไม้มีความเร็ว 2 เมตร/วินาที จงหาความเร็วของลูกปืนหลังทะลุผ่าน

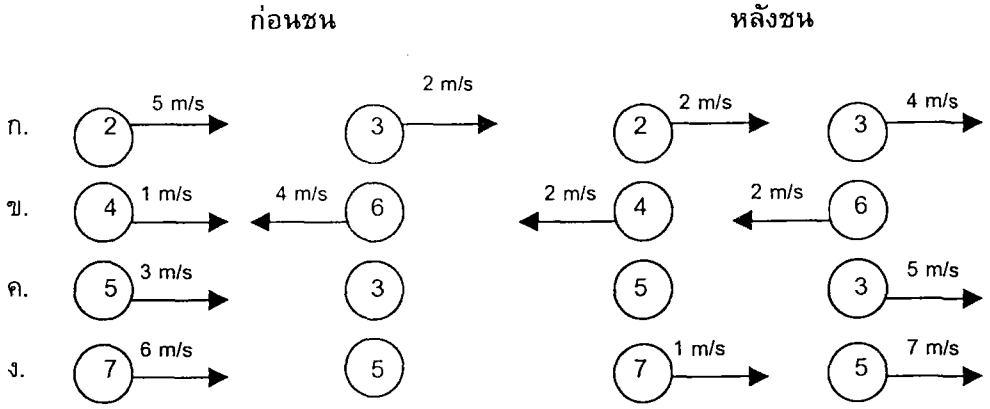
ก. 200 เมตร/วินาที

ข. 300 เมตร/วินาที

ค. 400 เมตร/วินาที

ง. 500 เมตร/วินาที

20. จากรูป เป็นการชนของวัตถุ 2 ก้อน อยากทราบว่ารูปใดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์



21. มวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที เข้าชนมวล 12 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชนปรากฏว่ามวล 2 กิโลกรัม สะท้อนกลับด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของมวล 12 กิโลกรัม จงหาอัตราเร็วของมวลทั้งสองหลังชนกัน มีค่าเท่าใด

ก. 1 เมตร/วินาที

ข. 2 เมตร/วินาที

ค. 3 เมตร/วินาที

ง. 4 เมตร/วินาที

22. วัตถุก้อนหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เกิดระเบิดขึ้นเป็น 2 เสี่ยง โดยเสี่ยงแรกมีมวล 3 เท่าของเสี่ยงที่สอง แล้วเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที อยากทราบว่าเสี่ยงที่สองเคลื่อนที่ไปทางใด มีความเร็วเท่าใด

ก. ไปทางเหนือ 5 เมตร/วินาที

ข. ไปทางใต้ 5 เมตร/วินาที

ค. ไปทางเหนือ 10 เมตร/วินาที

ง. ไปทางใต้ 10 เมตร/วินาที

23. เมื่อวัตถุตั้งแต่ 2 ก้อนขึ้นไปชนกัน ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริงเสมอ
    จ. โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ฉ. พลังงานจลน์ของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
    ช. โมเมนตัมทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง
    ซ. พลังงานจลน์ทั้งหมดเปลี่ยนแปลง

24. วีณาและโชติเป็นนักสเกตมีมวล 60 และ 40 กิโลกรัม ตามลำดับ วิ่งสวนทางกันบนพื้นที่ลื่นมาก หลบกันไม่ทัน ชนแบบประสานงาติดกันไป ถ้าวีณาและโชติกำลังวิ่งมาด้วยความเร็ว 10 และ 5 เมตร/วินาที ตามลำดับ จงหาความเร็วหลังชนของนักสเกตทั้งสอง
    ก. 0 เมตร/วินาที
    ข. 2 เมตร/วินาที
    ค. 4 เมตร/วินาที
    ง. 6 เมตร/วินาที

25. รถ A มีมวล 1,000 กิโลกรัม จอดอยู่นิ่ง ถูกรถ B มวล 1,200 กิโลกรัม วิ่งเข้าชน เมื่อชนแล้วรถทั้งสองติดกันไปมีความเร็ว 4 เมตร/วินาที จงหาว่าก่อนชน รถ B มีความเร็วเท่าใด
    ก. 2 เมตร/วินาที
    ข. 4 เมตร/วินาที
    ค. 6 เมตร/วินาที
    ง. 8 เมตร/วินาที

26. ลูกปืนลูกหนึ่งมวล 200 กรัม มีความเร็ว 2 กิโลเมตร/วินาที พุ่งเข้าชนตรงกลางวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่งบนพื้นระดับราบลื่น ถ้าลูกปืนทะลุวัตถุไปด้วยความเร็ว 1 กิโลเมตร/วินาที จงหาความเร็วของวัตถุขณะลูกปืนหลุดจากวัตถุพอดี
    ก. 25 เมตร/วินาที
    ข. 50 เมตร/วินาที
    ค. 100 เมตร/วินาที
    ง. 200 เมตร/วินาที

27. ตุ้มเหล็กมวล 600 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 1.25 เมตร เข้าชนปลายบนของเสาเข็มต้นหนึ่งมวล 400 กิโลกรัม แล้วติดกันไป จงหาความเร็วของเสาเข็มและตุ้มเหล็กขณะเริ่มเคลื่อนที่ติดกันไป ($g = 10\ m/s^2$)
    ก. 2 เมตร/วินาที
    ข. 3 เมตร/วินาที
    ค. 4 เมตร/วินาที
    ง. 5 เมตร/วินาที

28. รถทดลอง A มวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นเกลี้ยงไปทางขวาด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนรถทดลอง B ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชนรถทดลอง A สะท้อนกลับด้วยความเร็ว 2 เมตร/วินาที ส่วนรถทดลอง B วิ่งออกไปทางขวาด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที จงหาว่ารถทดลอง B มีมวลเท่าใด

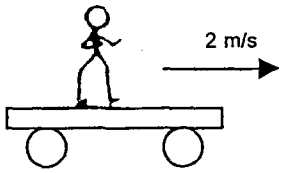
ก. 5 กิโลกรัม
ข. 10 กิโลกรัม
ค. 15 กิโลกรัม
ง. 20 กิโลกรัม

29. ปืนไรเฟิลยิงลูกปืนมวล 60 กรัม ออกไปในแนวระดับด้วยความเร็ว 600 เมตร/วินาที ลูกปืนวิ่งในลำกล้องของตัวปืนนาน 3×10^{-3} วินาที จงหาแรง F ที่ต้องใช้เพื่อให้ตัวปืนอยู่นิ่ง

ก. 6 kN
ข. 8 kN
ค. 10 kN
ง. 12 kN

30. นายน้อย มีมวล 50 กิโลกรัม ยืนอยู่บนรถเลื่อนซึ่งมีมวล 100 กิโลกรัม และกำลังวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 2 เมตร/วินาที ถ้าเขาต้องการให้รถเลื่อนหยุดนิ่ง เขาต้องกระโดด

ก. กระโดดไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 3 เมตร/วินาที
ข. กระโดดไปข้างหลังด้วยความเร็ว 3 เมตร/วินาที
ค. กระโดดไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที
ง. กระโดดไปข้างหลังด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที

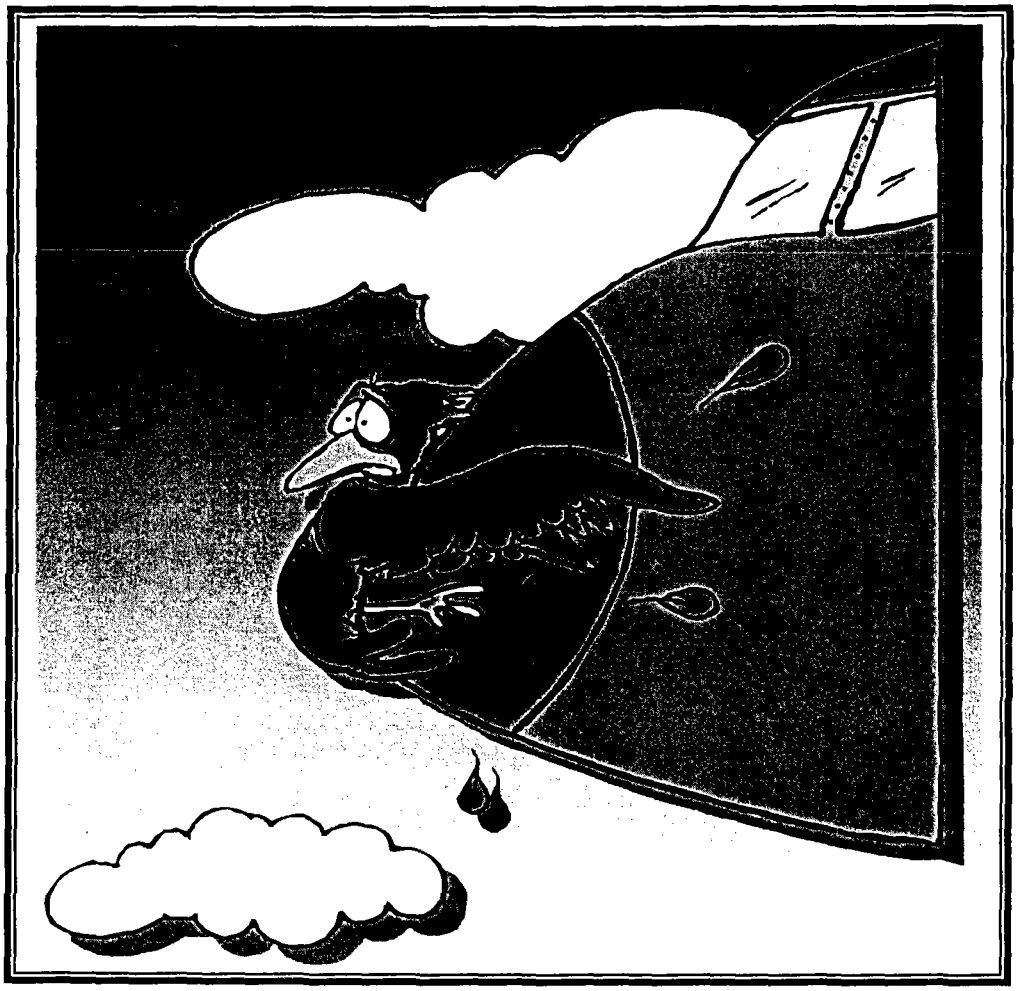


@@@@@@@@@@@@@@@

กิจกรรมการทดลอง

เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

(สำหรับครู)



นพพร เสนีย์คุปต์

วิทยาศาสตรศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*

1. **ตัวแปรต้น** *การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น , มวลเท่ากัน และการชนแบบที่ 1*

ผลการทดลอง

เมื่อรถทดลองคันที่ 1 เข้าชนรถทดลองอีกคันที่จอดนิ่ง ซึ่งมีมวลเท่ากัน ผลปรากฏว่า รถคันที่ถูกชนจะเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมด้วยความเร็วที่เท่ากับความเร็วของรถคันที่เข้ามาชน ส่วนรถคันที่เข้ามาชน จะหยุดนิ่ง

สรุปผลการทดลอง

วัตถุจะถ่ายเทโมเมนตัมและพลังงานให้กับวัตถุที่เข้าชนจนหมด สำหรับวัตถุที่ได้รับพลังงานจะแสดงพฤติกรรมของการได้รับพลังงานก็คือการเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่มีพลังงานเท่ากับที่ได้รับ

<u>ตอนที่ 2</u> การชนแบบที่ 2

<u>จุดประสงค์การทดลอง</u>

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

<u>สมมติฐานการทดลอง</u>

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*

1. **ตัวแปรต้น** *การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. **ตัวแปรตาม** *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น , มวลเท่ากัน และการชนแบบที่ 2*

<u>ผลการทดลอง</u>

สำหรับการชนแบบที่ 2 ซึ่งรถทดลองทั้งสองคันมีความเร็วมากกว่าศูนย์ แต่มีทิศทางที่สวนทางกัน เมื่อวิ่งเข้ามาชนกัน ผลปรากฏว่า รถทั้งสองคันจะสะท้อนออกไปในทิศทางเดิมที่ แต่สังเกตได้ว่า ความเร็วของรถคันที่ 1 จะมีความเร็วเท่ากับความเร็วของรถคันที่ 2 หลังการชน ส่วนรถคันที่ 2 ก็จะมีความเร็วเท่ากับรถคันหนึ่งหลังการชน อย่างนี้เสมอ

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

วัตถุจะถ่ายเทโมเมนตัมและพลังงานให้กับวัตถุที่เข้าชนจนหมด โดยรถทดลองแต่ละคันจะถ่ายเทพลังงานให้แก่กัน ในทิศตรงกันข้าม (สวนทางกัน) เมื่อรถทดลองแต่ละคันได้รับพลังงานก็จะแสดงพฤติกรรมออกมาโดยการเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็วที่มีพลังงานเท่ากับที่ได้รับ

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ง. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ความเร็วของรถทดลองคันที่เข้าชนจะมีความเร็วหลังการชนเป็นศูนย์ ซึ่งเท่ากับรถทดลองคันที่ถูกชนก่อนการชน และรถทดลองคันที่ถูกชน จะเคลื่อนที่ออกไปในทิศทางเดียวกับรถทดลองคันที่เข้ามาชน และมีความเร็วเท่ากับความเร็วที่ถูกชน

จ. หลังจากการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2 รถทดลอง A และ B เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

รถทดลองทั้งสองคันเข้าชนกันในทิศทางตรงกันข้าม (สวนทางกัน) เมื่อชนกันแล้วจะมีทิศการเคลื่อนที่ในทิศทางการเคลื่อนที่กลับไปในทิศทางเดิม กล่าวคือ เมื่อชนแล้วมีการสะท้อนกลับ แต่ความเร็วหลังการชนจะเปลี่ยนไป ก็คือ หลังจากการชนจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วก่อนชนของรถอีกคัน

ฉ. ลักษณะการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างหลังการชนอย่างไร จงอธิบาย

ในเรื่องการถ่ายเทพลังงาน การชนกันทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกัน วัตถุจะถ่ายเทพลังงานให้กับสิ่งที่เข้าชน และตัวเองจะได้รับพลังงานหรือแรงปฏิกิริยา ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน นั่นเอง

ในเรื่องของพฤติกรรมที่แสดงออก การชนในแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความแตกต่างกันตรงที่ แบบที่ 1 วัตถุหนึ่งถ่ายเทพลังงานให้กับวัตถุที่มีพลังงานจลน์เป็นศูนย์ แต่แบบที่ 2 วัตถุทั้งสองอันต่างมีพลังงานมากกว่าศูนย์ จึงมีการแลกเปลี่ยนพลังงานกันอย่างชัดเจน

****

<u>เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง</u>

1) ข
2) ง
3) ค
4) ข
5) ข

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 2 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1*

1. **ตัวแปรต้น** *การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น , ขนาดมวลที่ต่างกัน และการชนแบบที่ 1*

ผลการทดลอง

เมื่อรถทดลองคันที่มีมวลมากกว่าเคลื่อนที่เข้าชนรถคันที่มีมวลน้อยกว่าที่จอดนิ่ง ผลปรากฏว่ารถทดลองทั้งสองคันจะเคลื่อนที่ตามกันไปในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่เดิมก่อนการชน

เมื่อรถรถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่าเคลื่อนที่เข้าชนรถคันที่มวลมากกว่าที่จอดนิ่ง ผลปรากฏว่ารถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่ารถคันที่มีมวลมากกว่าจะเคลื่อนที่ออกไปในทิศทางเดียวกับทิศทางของรถคันที่เข้าชน แต่รถคันที่เข้าชน (มีมวลน้อยกว่า) จะสะท้อนกลับไปในทิศทางเดิม ด้วยความเร็วที่ลดลง

สรุปผลการทดลอง

วัตถุพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม วัตถุที่มีมวลมากกว่าแล้วเข้าชนวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า จะมีโมเมนตัมมากกว่าและถ่ายเทพลังงานระหว่างการชน แต่มีพลังงานบางส่วนที่ยังเหลืออยู่ ดังนั้นวัตถุที่เข้าชนจึงยังมีสภาพการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิมแต่มีความเร็วลดลง ในทางตรงกันข้ามหากวัตถุที่มีมวลน้อยกว่าเข้าชนวัตถุที่มวลมากกว่า และถ่ายเทโมเมนตัมให้วัตถุที่มีมวลมากกว่าในขณะเดียวกันก็ได้รับแรงกระทำจากวัตถุที่หยุดนิ่งออกมาในทิศทางตรงกันข้าม ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน จึงทำให้วัตถุที่มีมวลน้อยกว่าที่เข้าชน สะท้อนออกมาในทิศทางเดิมที่เข้าชน

<u>ตอนที่ 2</u> การชนแบบที่ 2

<u>จุดประสงค์การทดลอง</u>

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

<u>สมมติฐานการทดลอง</u>

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลต่างเท่ากัน ในแบบที่ 2*

1. **ตัวแปรต้น** *การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. **ตัวแปรตาม** *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น , ขนาดมวลที่ต่างกัน และการชนแบบที่ 2*

<u>ผลการทดลอง</u>

เมื่อรถทดลองสองคันที่มีความเร็วมากกว่าศูนย์ และมีมวลต่างกันวิ่งเข้าชนกัน ผลปรากฏว่า รถทดลองทั้งสองคันจะสะท้อนออกไปในทิศทางเดิม แต่สังเกตได้ว่า ความเร็วของรถทดลองคันที่มีมวลมากกว่าจะมีความเร็วลดลง และความเร็วของรถทดลองคันที่มีมวลน้อยกว่าจะมีความเร็วมากขึ้น อย่างนี้เสมอ

<u>เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง</u>

1) ข
2) ง
3) ข
4) ก
5) ง

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 3 เรื่อง การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน

ตอนที่ 1 การชนแบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุแบบยืดหยุ่นที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*

1. **ตัวแปรต้น** *การชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบไม่ยืดหยุ่น , ขนาดมวลที่เท่ากัน และการชนแบบที่ 1*

ผลการทดลอง

เมื่อรถทดลองคันที่ 1 วิ่งเข้าชนรถทดลองอีกคันหนึ่งที่จอดนิ่ง ซึ่งมีมวลเท่ากัน ผลปรากฏว่า เมื่อชนกันแล้วติดกันไปในทิศทางเดิม ก็คือ ทิศทางเดียวกับวัตถุที่เข้าชนเสมอ แต่จะสังเกตได้ว่า ความเร็วหลังการชนจะลดลง เมื่อเทียบกับความเร็วเริ่มต้นก่อนเข้าชน

สรุปผลการทดลอง

การชนกันของวัตถุจะเกิดการถ่ายโอนพลังงานในที่นี้เราเรียกว่า โมเมนตัม ซึ่งเป็นปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ หาได้จากผลคูณของมวลกับความเร็ว แต่เมื่อเกิดการชนกันแล้ววัตถุติดกันไป ทำให้ขนาดมวลเพิ่มขึ้น แต่โมเมนตัมยังคงมีค่าเท่าเดิม เนื่องจากวัตถุยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ก็คือโมเมนตัมรวมก่อนชนยังคงเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน จึงเป็นผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง

ตอนที่ 2 การชนแบบที่ 2

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาลักษณะการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. *เพื่อเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *ลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุแบบยืดหยุ่นที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*

1. ตัวแปรต้น *การชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. ตัวแปรตาม *ทิศทางและความเร็วของวัตถุหลังจากการชน*
3. ตัวแปรควบคุม *การชนแบบไม่ยืดหยุ่น , ขนาดมวลที่เท่ากัน และการชนแบบที่ 2*

ผลการทดลอง

เมื่อรถทดลอง 2 คัน ที่มีมวลเท่ากัน วิ่งเข้าหากันด้วยความเร็วที่ต่างกันในทิศสวนทางกัน ผลปรากฏว่าหลังการชน รถทดลองทั้งสองคันติดกันไป ความเร็วหลังการชนลดลง แต่ทิศทางการเคลื่อนที่จะมีทิศทางเดียวกันกับรถทดลองคันที่มีความเร็วมากกว่า

สรุปผลการทดลอง

วัตถุที่เคลื่อนที่จะโมเมนตัม ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง การเคลื่อนที่เข้าชนกัน ผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนเท่ากับผลต่างของโมเมนตัมของรถทดลองทั้งสองคัน แต่เนื่องจากความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันไม่เท่ากันทำให้โมเมนตัมต่างกัน ผลก็คือ ผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนจะมีขนาดและทิศทางเดียวกับ รถทดลองคันที่มีโมเมนตัมที่มากกว่าก่อนการชน

คำถามท้ายการทดลอง

ก. หลังการชนแบบที่ 1 วัตถุจะติดไปด้วยกันในทิศทางเดียวกับวัตถุที่เข้าชน แต่ความเร็วของวัตถุทั้งสองลดลง เนื่องจากวัตถุจะมีโมเมนตัมคงตัว หลังการชนวัตถุมีมวลเพิ่มขึ้น จึงต้องมีความเร็วลดลง นั่นเอง

ข. วัตถุจะเคลื่อนที่ไปได้ทั้งทางซ้ายและขวา ขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุก่อนชน ว่าวัตถุใดมีความเร็วมากกว่า ซึ่งความเร็วเป็นปัจจัยที่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่หลังการชน เพราะโมเมนตัม คือ มวลคูณกับความเร็ว เมื่อความเร็วมาก จะทำให้มีโมเมนตัมมาก และความเร็วของวัตถุหลังการชนจะลดลง เพราะเกิดการรวมกันของโมเมนตัมของวัตถุ โมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง เมื่อมีการถ่ายเทโมเมนตัมแล้ว นอกจากขนาดเปลี่ยนไปแล้วจึงทำให้ทิศทางเปลี่ยนไปด้วย

ค. ผลจากการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นในแบบที่ 1 จะเป็นการถ่ายเทพลังงานให้กับวัตถุที่มีพลังงานจลน์เป็นศูนย์ ส่วนแบบที่ 2 จะเป็นการถ่ายเทโดยที่วัตถุทั้งสองต่างก็มีพลังงานจลน์ทั้งคู่

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1) ง 2) ง 3) ข 4) ค 5) ง

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน*
2. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน*
3. *เพื่อศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *1. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชน*

2. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชน

1. **ตัวแปรต้น** *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมหลังชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น แบบที่ 1 และ ขนาดมวลที่เท่ากัน*

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลอง 5 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)	0.151	0.000	0.000	0.152
ความเร็ว (v)	0.662	0.000	0.000	0.658
โมเมนตัมรวม (Σp)	0.053		0.053	
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)	0.018		0.017	

m_A = 0.08 kg ; m_B = 0.08 kg ; S = 0.1 m

ความคลาดเคลื่อน = 0 %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($V = \frac{S}{t}$)

ก่อนชน

$$V = \frac{0.1}{0.151}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = 0.662 เมตร/วินาที

หลังชน

$$V = \frac{0.1}{0.152}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = 0.658 เมตร/วินาที

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma p) = m_A u_A + m_B u_B$

และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma p) = m_A V_A + m_B V_B$

โมเมนตัมรวมก่อนชน = (0.08 x 0.662) + (0.08 x 0)

= 0.053 + 0

∴ โมเมนตัมก่อนชน = 0.053 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

โมเมนตัมรวมหลังชน = (0.08 x 0) + (0.08 x 0.658)

= 0 + 0.053

∴ โมเมนตัมหลังชน = 0.053 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\,2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A V_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B V_B^{\,2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = $\frac{1}{2}(0.08 x 0.662^2) + 0$

∴ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = 0.018 จูล

พลังงานจลน์รวมหลังชน = $0 + \frac{1}{2}(0.08 x 0.658^2)$

∴ พลังงานจลน์รวมหลังชน = 0.017 จูล

พลังงานที่สูญเสียจากการชน = พลังงานจลน์ก่อนชน - พลังงานจลน์หลังชน

= 0.018 - 0.017

∴ พลังงานที่สูญเสียจากการชน = 0.001 จูล

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\%ความคลาดเคลื่อน = \frac{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}{ค่าจริง} x100\%$$

$$= \frac{0.053 - 0.053}{0.053} x100$$

$\therefore$ % ความคลาดเคลื่อน = 0

สรุปผลการทดลอง

จากการชนกันแบบยืดหยุ่น ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนชนและหลังชน มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง แต่อยู่ในปริมาณที่เล็กน้อยอนุโลมได้ว่าไม่มีการสูญเสียพลังงาน ซึ่งเป็นเป็นตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1) ก	2) ค	3) ข	4) ก	5) ก
6) ก	7) ง	8) ง	9) ข	10) ข
11) ง	12) ง	13) ก	14) ค	15) ก

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 5 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 2

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน*
2. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน*
3. *เพื่อศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *1. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชน*

2. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชน

1. **ตัวแปรต้น** *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. **ตัวแปรตาม** *โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมหลังชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น แบบที่ 2 และ ขนาดมวลที่เท่ากัน*

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลอง 5 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)	0.321	0.347	0.370	0.324
ความเร็ว (v)	0.312	0.288	0.270	0.309
โมเมนตัมรวม (Σp)	0.048		0.046	
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)	0.007		0.007	

m_A = 0.08 kg ; m_B = 0.08 kg ; S = 0.1 m

ความคลาดเคลื่อน = 0 %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

<u>ก่อนชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.321} \quad ; \quad v = \frac{0.1}{0.347}$$

$\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.312</u> เมตร/วินาที $\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.288</u> เมตร/วินาที

<u>หลังชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.370} \quad ; \quad v = \frac{0.1}{0.324}$$

$\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.270</u> เมตร/วินาที $\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.309</u> เมตร/วินาที

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma p) = m_A u_A + m_B u_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma p) = m_A v_A + m_B v_B$

โมเมนตัมรวมก่อนชน = (0.08 x 0.312) + (0.08 x 0.288)
= 0.025 + 0.023

$\therefore$ โมเมนตัมก่อนชน = <u>0.048</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

โมเมนตัมรวมหลังชน = (0.08 x 0.270) + (0.08 x 0.309)
= 0.022 + 0.025

$\therefore$ โมเมนตัมหลังชน = <u>0.047</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\,2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\,2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = $\frac{1}{2}(0.08x0.312^2) + \frac{1}{2}(0.08x0.288^2)$

$\therefore$ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = <u>0.007</u> จูล

พลังงานจลน์รวมหลังชน = $\frac{1}{2}(0.08x0.270^2) + \frac{1}{2}(0.08x309^2)$

$\therefore$ พลังงานจลน์รวมหลังชน = <u>0.007</u> จูล

พลังงานที่สูญเสียจากการชน = พลังงานจลน์ก่อนชน - พลังงานจลน์หลังชน

= 0.007 - 0.007

∴ พลังงานที่สูญเสียจากการชน = 0.000 จูล

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\%ความคลาดเคลื่อน = \frac{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}{ค่าจริง} x100\%$$

$$= \frac{0.047 - 0.048}{0.048} x100$$

∴ % ความคลาดเคลื่อน = -2.08

สรุปผลการทดลอง

จากการชนกันแบบยืดหยุ่น ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการชน ซึ่งเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1) ง	2) ง	3) ก	4) ข	5) ง
6) ก	7) ค	8) ข	9) ข	10) ก
11) ก	12) ค	13) ค	14) ข	15) ก

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 6 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน*
2. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน*
3. *เพื่อศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *1. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชน*

2. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชน

1. **ตัวแปรต้น** *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีต่างมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมหลังชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น แบบที่ 1 และ ขนาดมวลที่ต่างเท่ากัน*

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลอง 5 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)	0.000	0.180	0.267	0.604
ความเร็ว (v)	0.000	0.556	0.375	0.166
โมเมนตัมรวม (Σp)	0.044		0.043	
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)	0.012		0.007	

m_A = 0.08 kg ; m_B = 0.08 kg ; S = 0.1 m

ความคลาดเคลื่อน = 0 %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

<u>ก่อนชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.180}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.556</u> เมตร/วินาที

<u>หลังชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.267} \quad ; \quad v = \frac{0.1}{0.604}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.375</u> เมตร/วินาที ∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.166</u> เมตร/วินาที

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma p) = m_A u_A + m_B u_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma p) = m_A v_A + m_B v_B$

โมเมนตัมรวมก่อนชน = (0.08 x 0) + (0.08 x 0.556)
= 0 + 0.044

∴ โมเมนตัมก่อนชน = <u>0.044</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

โมเมนตัมรวมหลังชน = (0.08 x 0.375) + (0.08 x 0.166)
= 0.030 + 0.013

∴ โมเมนตัมหลังชน = <u>0.043</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^2 + \frac{1}{2} m_B u_B^2$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = $0 + \frac{1}{2}(0.08 x 0.556^2)$

∴ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = <u>0.012</u> จูล

พลังงานจลน์รวมหลังชน = $\frac{1}{2}(0.08 x 0.375^2) + \frac{1}{2}(0.08 x 0.166^2)$

∴ พลังงานจลน์รวมหลังชน = <u>0.007</u> จูล

พลังงานที่สูญเสียจากการชน = พลังงานจลน์ก่อนชน - พลังงานจลน์หลังชน

= 0.012 - 0.007

$\therefore$ พลังงานที่สูญเสียจากการชน = 0.005 จูล

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\%ความคลาดเคลื่อน = \frac{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}{ค่าจริง} x100\%$$

$$= \frac{0.043 - 0.044}{0.044} x100$$

$\therefore$ % ความคลาดเคลื่อน = -2.27

สรุปผลการทดลอง

จากการชนกันแบบยืดหยุ่น ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการชน ซึ่งเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1) ก	2) ง	3) ก	4) ข	5) ง
6) ง	7) ค	8) ค	9) ง	10) ง
11) ง	12) ข	13) ก	14) ข	15) ก

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 7 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลไม่เท่ากัน แบบที่ 2

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน*
2. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน*
3. *เพื่อศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *1. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชน*

2. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชน

1. **ตัวแปรต้น** *ลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน ในแบบที่ 2*
2. **ตัวแปรตาม** *โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมหลังชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบยืดหยุ่น แบบที่ 2 และ ขนาดมวลที่ต่างเท่ากัน*

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลอง 5 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน	
	A	B	A	B
เวลา (t)	0.158	0.255	0.147	0.329
ความเร็ว (v)	0.633	0.392	0.680	0.304
โมเมนตัมรวม (Σp)	0.082		0.078	
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)	0.022		0.022	

m_A = 0.08 kg ; m_B = 0.08 kg ; S = 0.1 m

ความคลาดเคลื่อน = - 3.658 %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

<u>ก่อนชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.158} \quad ; \quad v = \frac{0.1}{0.255}$$

$\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.633</u> เมตร/วินาที $\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.392</u> เมตร/วินาที

<u>หลังชน</u>

$$v = \frac{0.1}{0.147} \quad ; \quad v = \frac{0.1}{0.329}$$

$\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.680</u> เมตร/วินาที $\therefore$ อัตราเร็วเฉลี่ย = <u>0.304</u> เมตร/วินาที

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma p) = m_A u_A + m_B u_B$
และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma p) = m_A v_A + m_B v_B$

โมเมนตัมรวมก่อนชน = (0.08 x 0.633) + (0.08 x 0.392)
= 0.051 + 0.031

$\therefore$ โมเมนตัมก่อนชน = <u>0.082</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

โมเมนตัมรวมหลังชน = (0.08 x 0.680) + (0.08 x 0.304)
= 0.054 + 0.024

$\therefore$ โมเมนตัมหลังชน = <u>0.078</u> กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\,2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A v_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B v_B^{\,2}$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = $\frac{1}{2}(0.08x0.633^2) + \frac{1}{2}(0.08x0.392^2)$

$\therefore$ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = <u>0.022</u> จูล

พลังงานจลน์รวมหลังชน = $\frac{1}{2}(0.08x0.680^2) + \frac{1}{2}(0.08x304^2)$

$\therefore$ พลังงานจลน์รวมหลังชน = <u>0.022</u> จูล

พลังงานที่สูญเสียจากการชน = พลังงานจลน์ก่อนชน - พลังงานจลน์หลังชน

= 0.022 - 0.022

∴ พลังงานที่สูญเสียจากการชน = 0.000 จูล

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\%ความคลาดเคลื่อน = \frac{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}{ค่าจริง} x100\%$$

$$= \frac{0.079 - 0.082}{0.082} x100$$

∴ % ความคลาดเคลื่อน = -3.658

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการชนกันแบบยืดหยุ่น ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน

<u>คำถามท้ายการทดลอง</u>

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน

ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการชน ซึ่งเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

<u>เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง</u>

1) ข	2) ง	3) ข	4) ง	5) ค
6) ง	7) ค	8) ง	9) ง	10) ข
11) ก	12) ค	13) ก	14) ข	15) ก

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 8 เรื่อง การชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น กรณีวัตถุมีมวลเท่ากัน แบบที่ 1

จุดประสงค์การทดลอง

1. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชน*
2. *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังชน*
3. *เพื่อศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน*

สมมติฐานการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา *1. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชน*

2. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชน

1. **ตัวแปรต้น** *ลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุที่มีมวลเท่ากัน ในแบบที่ 1*
2. **ตัวแปรตาม** *โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมหลังชน*
3. **ตัวแปรควบคุม** *การชนแบบไม่ยืดหยุ่น แบบที่ 1 และ ขนาดมวลเท่ากัน*

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลอง 5 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ข้อมูล	ก่อนชน		หลังชน
	A	B	A และ B
เวลา (t)	0.154	0.000	0.312
ความเร็ว (v)	0.649	0.000	0.321
โมเมนตัมรวม (Σp)	0.052		0.051
พลังงานจลน์รวม (ΣE_k)	0.017		0.008

m_A = 0.08 kg ; m_B = 0.08 kg ; S = 0.1 m

ความคลาดเคลื่อน = -1.923 %

แสดงวิธีคำนวณ

ก. การหาความเร็วของวัตถุทั้งก่อนและหลังชน ($v = \frac{s}{t}$)

ก่อนชน

$$v = \frac{0.1}{0.154}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = 0.649 เมตร/วินาที

หลังชน

$$v = \frac{0.1}{0.312}$$

∴ อัตราเร็วเฉลี่ย = 0.321 เมตร/วินาที

ข. การหาโมเมนตัมรวมก่อนชน $(\Sigma p) = m_A u_A + m_B u_B$

และโมเมนตัมรวมหลังชน $(\Sigma p) = (m_A + m_B)v$

โมเมนตัมรวมก่อนชน = (0.08 x 0.649) + (0.08 x 0)

= 0.052 + 0

∴ โมเมนตัมก่อนชน = 0.052 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

โมเมนตัมรวมหลังชน = (0.08 + 0.08) (0.321)

= 0.051

∴ โมเมนตัมหลังชน = 0.051 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. การหาพลังงานจลน์รวมก่อนชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2} m_A u_A^{\,2} + \frac{1}{2} m_B u_B^{\,2}$

พลังงานจลน์รวมหลังชนหลังชน $(\Sigma E_k) = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$

และพลังงานที่สูญเสียจากการชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = $\frac{1}{2}(0.08x0.649^2) + 0$

∴ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = 0.017 จูล

พลังงานจลน์รวมหลังชน = $\frac{1}{2}(0.08 + 0.08)(0.321^2)$

∴ พลังงานจลน์รวมหลังชน = 0.008 จูล

พลังงานที่สูญเสียจากการชน = พลังงานจลน์ก่อนชน - พลังงานจลน์หลังชน

= 0.017 - 0.008

∴ พลังงานที่สูญเสียจากการชน = 0.009 จูล

ง. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\%ความคลาดเคลื่อน = \frac{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจริง}{ค่าจริง} x100\%$$

$$= \frac{0.051 - 0.052}{0.052} x100$$

∴ % ความคลาดเคลื่อน = -1.923

สรุปผลการทดลอง

จากการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน แต่ไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ พลังงานจลน์รวมก่อนชนมากกว่าพลังงานจลน์หลังชน

คำถามท้ายการทดลอง

ก. ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวคือ โมเมนตัมรวมก่อนชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังชน

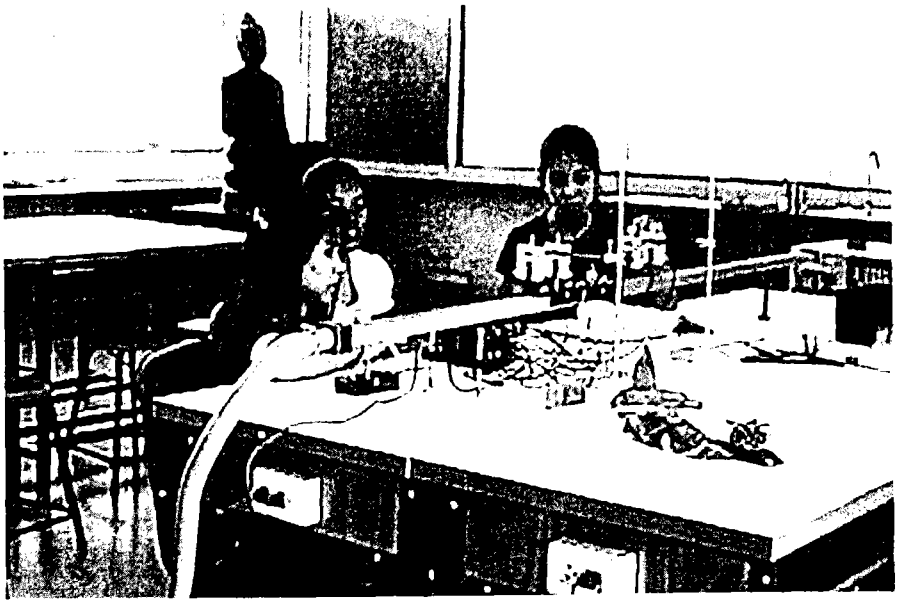
ข. ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนชนและหลังชน ไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนมากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน แสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานระหว่างการชน เนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนรูปร่าง ของวัตถุระหว่างการชน หรือเปลี่ยนไปในรูปของความร้อน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

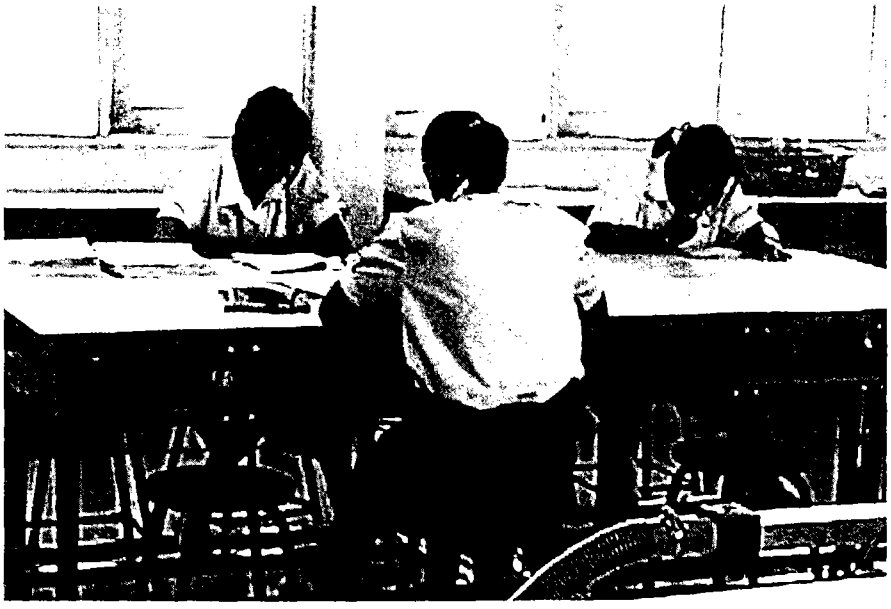
1) ค	2) ก	3) ค	4) ง	5) ค
6) ข	7) ค	8) ข	9) ก	10) ข
11) ค	12) ค	13) ค	14) ค	15) ก

ภาคผนวก ฌ

- ภาพประกอบการวิจัย

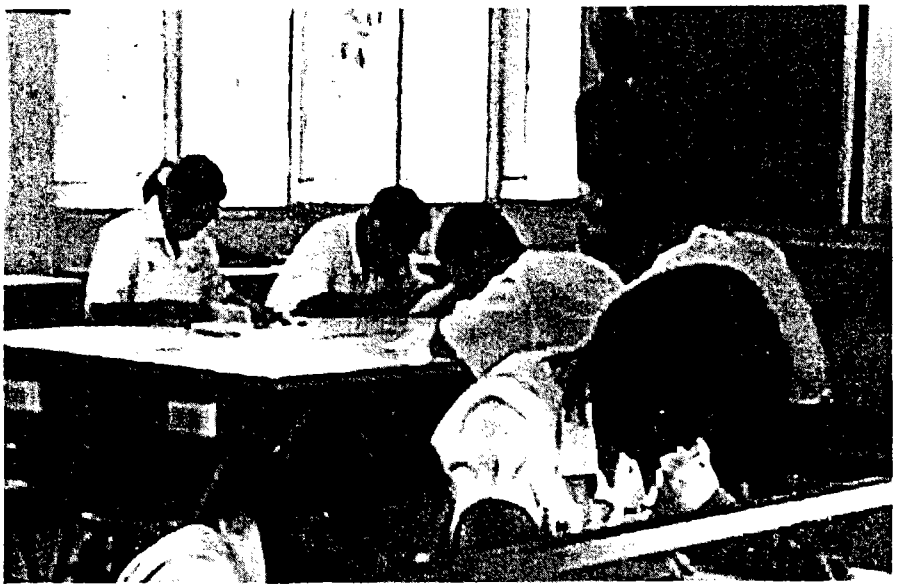


ภาพประกอบ 1 การ Try Out ชุดทดลองกับนักเรียน 3



ภาพประกอบ 2 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน

ภาพประกอบ 3 การทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่กำลังทำการทดลอง



ภาพประกอบ 4 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างกำลังทำแบบทดสอบหลังเรียน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายนพพร เสนีย์คุปต์
วัน เดือน ปี เกิด	30 มกราคม 2515
สถานที่เกิด	อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	120/42 หมู่ที่ 5 ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี 76140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จากโรงเรียนอรุณประดิษฐ จังหวัดเพชรบุรี
พ.ศ. 2533	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนอรุณประดิษฐ จังหวัดเพชรบุรี
พ.ศ. 2538	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากสถาบันราชภัฏเพชรบุรี
พ.ศ. 2547	กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ