การใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นุชจรี เบญมาตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

USING AIR TRACK EXPERIMENTS ON MOMENTUM AND ONE-DIMENSION COLLISIONS WITH THE LEARNING TOGETHER MODEL (LT) TO IMPROVE THE ACHIEVEMENT GRAD 10 STUDENTS' LEARNING

NOOTCHAREE BENMART

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
YEAR 2013

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย นางนุชจรี เบญมาตย์

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	ประธานกรรมการ
ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง	กรรมการ
ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

โชคศิลป์ ธนเฮือง

.....

(ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(ดร.จุฑามาศ หงษ์ทอง)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2556

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ข้อมูล ความรู้และคำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการแก้ปัญหา และปรับปรุงส่วนที่บกพร่องของวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาโทแก่นักศึกษาทุนโครงการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร พร้อมทั้งคณะครูอาจารย์ในโรงเรียนทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์ ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่างๆ ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่เป็นกำลังใจต่อผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่มิได้กล่าวนามไว้ที่นี้ ซึ่งทั้งหมดมีส่วนอย่างมากที่ทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

(นางนุชจรี เบญมาตย์)
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มิติ 1 ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดย : นุชจรี เบญมาตย์

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง

ศัพท์สำคัญ : ชุดทดลอง Air Track การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน 2) เพื่อวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3)เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 23 คน เป็นนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร รูปแบบการวิจัยคือหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยชุดทดลอง Air Track แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดระดับความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง คือมีค่า <<g>> เท่ากับ 0.77 ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านการทดลองอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนทักษะการสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการลงข้อสรุปอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและ

การชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมและปฏิบัติการทดลองเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

TITLE : USING AIR TRACK EXPERIMENTS ON MOMENTUM AND ONE-DIMENSION COLLISIONS WITH THE LEARNING TOGETHER MODEL (LT) TO IMPROVE GRAD 10 STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT

BY : NOOTCHAREE BENMART

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

CHAIR : CHOKSIN TANAHOUNG, Ph.D.

KEYWORDS : AIR TRACK / THE LEARNING TOGETHER MODEL (LT) / LEARNING ACHIEVEMENT / THE AVERAGE NORMALIZED GAIN / MOMENTUM AND ONE- DIMENSION COLLISIONS

The purposes of this research were 1) to improve the students' learning achievement and the students' learning improvement 2) the students' experimental science skills and 3) to study students' satisfaction using air track experiments on momentum and one-dimension collisions with the learning together model (LT). The target group was 23 grade 10 students in academic years 2012 from Princess Chulabhorn's College Mukdahan School, Mukdahan Province. The sample was selected by purposive sampling. One group pretest – posttest design was used in this research. The research tools consisted of a set of Air Track experiment, the learning achievement test, the experimental science skills and the satisfaction inquiry forms. Data were analyzed into average, percentage, standard deviation, t-test, and the average normalized gains <<g>>.

The results interestingly indicated that the students' learning achievement on the post-instruction was significant higher than that on the pre-instruction at alpha level .05. The average normalized gain was in a high gain)<<g>>=0.77(. The students' experimental science skills were in a medium level for the communication skill and in a good level for conclusion skill. It also found that the satisfaction of student toward air track experiments on momentum and one-dimension collisions with the learning together model (LT) was in a good level. So these results

showed that using air track experiments on momentum and one-dimension collisions with the learning together model (LT) can be used to develop students' learning achievement and experimental science skills because students were emphasized to do the active experiments caused efficient own learning.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	6
2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	8
2.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ	14
2.4 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	17
2.5 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) โดยใช้ Normalized gain	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	26
3.2 ตัวแปรในการวิจัย	26
3.3 รูปแบบแผนการวิจัย	26
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34
3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	39
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	40
3.8 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย	40
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	47
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	48
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	
ก แผนการจัดการเรียนรู้	68
ข บทปฏิบัติการเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ	108
ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	143
ง แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	152
จ แบบสอบถามความพึงพอใจ	159
ฉ ประสิทธิภาพแผนจัดการเรียนรู้	162
ช การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	165
ซ การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	169
ฌ ประสิทธิภาพแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน	172
ญ ผลความพึงพอใจของนักเรียน	175
ฎ ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	178
ประวัติผู้วิจัย	**182**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	รูปแบบแผนการวิจัย	27
3.2	กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองร่วมกับการสอนแบบร่วมมือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	32
4.1	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ	48
4.2	ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	49
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย (average normalized gain; <<g>>) ของนักเรียน จำแนกตามหัวข้อย่อย	50
4.4	ผลการประเมินระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายทักษะหลังเรียนของนักเรียน	52
4.5	ผลรายงานการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT	53
ฉ.1	ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้	163
ฉ.2	ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)	164
ช.1	ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง 3 (IOC)	166
ช.2	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	168
ซ.1	ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบรายบุคคลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ	170
ฌ.1	ดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อ การใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มิติ ร่วมกับการสอน 1 แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT	173

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ฌ.2	ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน มิติ ร่วมกับการสอนแบบกลุ่มร่วมมือ 1 เทคนิค LT	174
ญ.1	ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT	176

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนภูมิแสดงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	7
2.2	โครงสร้างกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	7
4.1	ค่า normalized gain <g> ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ แยกเป็นรายบุคคล	51
4.2	เปรียบเทียบทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อย่อยเป็นรายทักษะของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	52
ฎ.1	การติดตั้งอุปกรณ์ชุด Air Track โดยการปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ	179
ฎ.2	นักเรียนทำการทดลองที่ 1 เรื่องโมเมนตัม	179
ฎ.3	นักเรียนทำการทดลองที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล	180
ฎ.4	นักเรียนทำการทดลองที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น	180
ฎ.5	นักเรียนทำการทดลองที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น	181
ฎ.6	นักเรียนทำการทดลองที่ 5 เรื่องการดีดตัวออกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ	181

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนรู้ในทุกระดับการศึกษา เพราะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีความสามารถแก้ปัญหาอย่างมีระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้ การสร้างความเข้มแข็งทางด้านวิทยาศาสตร์นั้น องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การจัดการศึกษา เพื่อเตรียมคนให้อยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพ (กรมวิชาการ, 2546) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ปีพุทธศักราช 2542 ในหมวดที่ 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 กล่าวไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ และในมาตรา 24 ได้กำหนดแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ให้จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรม โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การเผชิญสถานการณ์ เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมสนับสนุนจัดบรรยากาศสภาพแวดล้อม สื่อการเรียนที่หลากหลายให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้รอบด้านและใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ (กรมวิชาการ, 2546) ซึ่งได้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางปีพุทธศักราช 2551 และหลักสูตรการศึกษาของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ที่จัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2554 ที่เน้นทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยมีความพร้อมด้านสื่อและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ โดยที่ครูผู้สอนจะต้องศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับเนื้อหา สภาพแวดล้อมของโรงเรียน ศักยภาพของนักเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิชา ฟิสิกส์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ส่วนใหญ่ผู้สอนมุ่งเน้นกับการสอนให้ครบตามจำนวนของเนื้อหาวิชาของหลักสูตร มีปฏิบัติการทดลองน้อย เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอ นักเรียนเรียนรู้จากการรับฟังการอธิบาย และใช้การสาธิตเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงกระบวนการเรียน การจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้ ค่อนข้างเน้นความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา และหลักการ ทฤษฎี ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความสามารถในด้านกระบวนการคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้รับจึงเกิดจากการท่องจำและทำความเข้าใจเนื้อหามากกว่าการศึกษาค้นคว้าหรือปฏิบัติจริง (กรมวิชาการ, 2545) ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่เหมาะสมเพียงพอ อีกทั้งนักเรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือในกิจกรรมการทดลอง เนื่องจากขาดทักษะการใช้เครื่องมือวัดต่างๆ หรือยังไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์ เพราะคิดว่าเป็นวิชาที่มีอุปกรณ์การทดลองที่ซับซ้อน เพื่อให้เกิดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงสนใจที่จะหาทางในการแก้ปัญหาการเรียนการสอน โดยมีเป้าหมายในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนมีคุณสมบัติอันพึงประสงค์ คือผู้เรียนมีความกระตือรือร้น สนใจใฝ่เรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองทั้งเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสปฏิบัติงานและรับผิดชอบร่วมกันในขณะทำการทดลอง ได้มีโอกาสสัมผัสและรู้จักการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (สราวุธ ทองปัน, 2541) แต่ต้องอาศัยการส่งเสริมและความเอาใจใส่จากครูผู้สอน รวมทั้งช่วยในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล นักเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง อ่อน ต่างได้รับการส่งเสริมให้ตั้งใจเรียนในที่สุดผลงานของทุกคนเป็นผลงานของกลุ่ม ภายใต้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (ไสว ฟักขาว, 2547)

การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่พัฒนาผู้เรียนในด้านวิชาการและด้านทักษะสังคม เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนมีลำดับขั้นตอน ผู้เรียนร่วมกันทำงานภายในกลุ่ม โดยแบ่งหน้าที่รับผิดชอบเพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานกลุ่ม เป็นการปลูกฝังคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในด้านความรับผิดชอบและการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น เป็นการส่งเสริมกระบวนการกลุ่มของเนื้อหาเหล่านี้โดยตรง จึงได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT (Learning Together) มาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้บรรลุผล โดยมีผู้ศึกษาการนำหลักการการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นกลุ่มย่อยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษาปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ผู้สอนสังเกตติดตามการทำงานของกลุ่มและกระตุ้นเสริมแรง ในบางครั้ง พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้น เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ภายในกลุ่ม เช่น การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อการ การนำเสนอ และการเชื่อมโยง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น (ฐิรนันท์ มณีรัตน์, 2553)

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ควบคู่กับการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งถือเป็นเครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้ ตลอดจนหาวิธีการแก้ปัญหาพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติ ให้เห็นผลเชิงประจักษ์จากความคิดและการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนเอง โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค LT มาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนร่วมกับการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจริงประกอบการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้เพิ่มขึ้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการใช้สื่ออุปกรณ์ในการทดลองที่มีคุณภาพ มีความแม่นยำในข้อมูล เสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ในเนื้อหา หลักการ ทฤษฎี หรือกฎทางฟิสิกส์มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

1.2.2 เพื่อวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนที่ใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05

1.3.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับสูง

1.3.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.3.4 นักเรียนที่ใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี

1.3.5 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะไว้ดังนี้

1.4.1 ชุด Air Track หมายถึง รางลมไร้แรงเสียดทาน (Air track rail) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่โดยไม่มีความเร่งโดยใช้แรงลมเป็นตัวลดแรงเสียดทาน ทำจากโลหะอลูมิเนียม ผิวหน้าเรียบเจาะรูเพื่อให้ลมพุ่งออกมาโดยสม่ำเสมอ มีเครื่องนับสัญญาณเวลาหน้าจอแสดงผลแบบ LED

1.4.2 บทปฏิบัติการ คือ การทดลองที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนในรายวิชากลศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ซึ่งมีทั้งหมด 5 ปฏิบัติการ ได้แก่ 1) โมเมนตัม 2) การดลและแรงดล 3) การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น 4) การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น และ 5) การดีดตัวออกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ แต่ละปฏิบัติการประกอบด้วย ชื่อการทดลอง จุดประสงค์ ทฤษฎี วัสดุอุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง วิเคราะห์ สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรม

1.4.3 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเทียบกับคะแนนเฉลี่ยร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละจากคะแนนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละจากคะแนนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.4.4 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT หมายถึง การจัดกิจกรรมที่ให้สมาชิกในกลุ่มได้รับผิดชอบ มีบทบาทหน้าที่ทุกคน เช่น เป็นผู้อ่าน เป็นผู้จดบันทึก เป็นผู้รายงานนำเสนอ เป็นต้น กลุ่มจะได้ผลงานที่เกิดจากการทำงานของทุกคน

1.4.5 ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กัน 3 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความและลงข้อสรุป

1.4.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

1.4.7 ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ผลต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชากลศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ค่า normalized gain ของ Hake (1998)

1.4.8 ความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) ความพึงพอใจ หมายถึง ความเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น โดยวัดจากแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้นตามแนวทางของลิเคิร์ท (Likert) ชนิด 5 ระดับ โดยมีลักษณะการวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale)

1.5 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ได้แผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.5.2 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาอื่นๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดังเอกสารและรายงานวิจัยในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

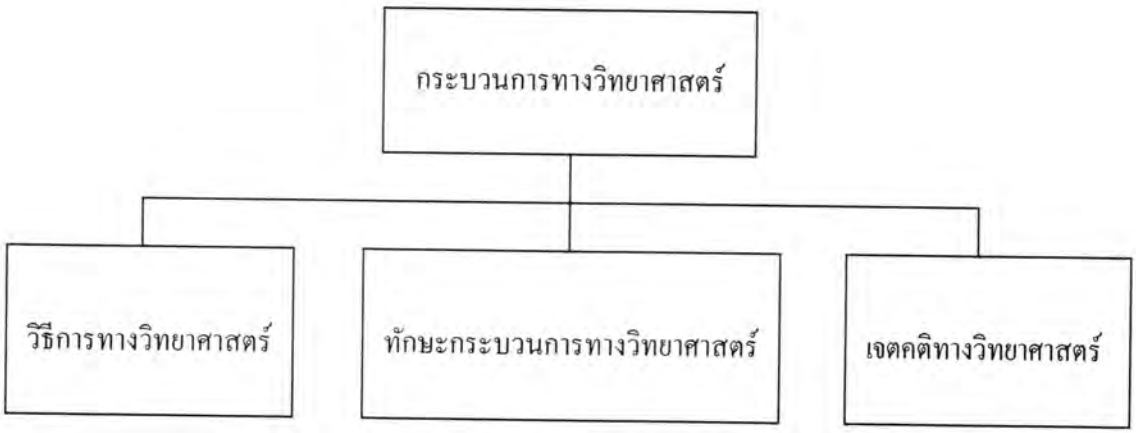
2.1 กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การที่นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ นั้นทำให้นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นการแสวงหาความรู้นั้นอาจแตกต่างกันบ้าง แต่ก็มีลักษณะร่วมกันที่ทำให้สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2526) ได้กล่าวถึงความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้สำหรับแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (process of science) คือ พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) นอกจากนี้ สมจิต สวธนไพบูลย์ (2535) ได้กล่าวถึง กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า แต่ละคนจะมีขั้นตอนที่ใช้ใน การแสวงหาความรู้แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามก็มีลักษณะร่วมกันที่สามารถจัดเป็นระบบได้ ขั้นตอนนั้นเรียกว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีระบบ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันของบุคคลได้ ทั้งนี้โดยใช้ขั้นตอนต่างๆ ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางในการดำเนินการแก้ปัญหานั้น แต่การแก้ปัญหาจะได้ผลสัมฤทธิ์มากน้อยเพียงใด จะต้องขึ้นอยู่กับผู้ดำเนินการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด นอกจากการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาหาความรู้ตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการคิดและการกระทำ ของผู้ดำเนินการ ซึ่งอาจถือเป็นอุปนิสัยของผู้ดำเนินการ

ความรู้สึกนึกคิดที่พึงปรารถนาและเชื่อต่อผลของ การศึกษาดังกล่าว จัดเป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นจะเห็นว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้สำหรับแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแสดงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงการสะสมความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ ตั้งแต่ข้อเท็จจริง มโนมติ กฎ หลักการ สมมติฐาน ทฤษฎี การตรวจสอบ การพยากรณ์ของความรู้ประเภทต่างๆ จะเป็นการสร้างเสริมความเชื่อมั่นในความรู้เดิม และเป็นการตั้งปัญหา พบสมมติฐาน และความรู้ใหม่ๆ ต่อไป เป็นวัฏจักร ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537)

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537)

จากภาพที่ 2.2 โครงสร้างกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บริเวณพื้นที่ ก เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ บริเวณพื้นที่ ข เป็นการสังเกตและข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นดำเนินไป และสิ้นสุดลงบริเวณพื้นที่ ข กล่าวคือ ปัญหาหรือความสงสัย ที่เกิดขึ้นจากหลักปรัชญา ความเชื่อ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เดิมจะถูกตั้งเป็นสมมติฐานและการพยากรณ์ ในบริเวณพื้นที่ ก แล้วดำเนินการทดลองสังเกต เก็บข้อมูลจากการทดลองและสังเกต เพื่อพิสูจน์สมมติฐานในบริเวณพื้นที่ ข เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองและการสังเกตแล้ว นำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงได้เป็นมโนมติพร้อมกับการสร้างขึ้นเป็นรูปแบบ อาจโดยอาศัยจินตนาการเพื่ออธิบาย ข้อเท็จจริงที่ค้นพบใหม่ ทำให้ได้กลุ่มของมโนมติจนได้เป็นทฤษฎี สำหรับวิธีการที่ใช้ตั้งแต่ต้น ซึ่งเป็นการนำความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงปลีกย่อยมาสัมพันธ์กัน ผสมผสานเป็นกลุ่มของมโนมตินั้น เรียกว่า การอุปมาน จากความรู้ที่เป็นทฤษฎีได้ถูกอนุมานออกไปเป็นหลักการ กฎ ตลอดจนถูกนำไปชี้แนะในการตั้งสมมติฐาน เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงใหม่ๆ ดังนั้น ความรู้วิทยาศาสตร์จึงยังไม่เป็นความจริงแท้ (ultimate reality) จึงต้องแสวงหาความรู้ใหม่ต่อไป

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการคิดและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่วในการใช้ เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ ระบุปัญหา ตั้งสมมุติฐาน ทำการทดลอง สังเกต ขณะทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล สรุปผลการทดลอง (อุทัยวรรณ บริสุทธิ์สุวรรณ์, 2541) ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์นั้น ผู้สอนจำเป็นจะต้องให้ผู้เรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับผู้เรียน (สุวิทย์ มูลคำ, 2547) นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ โดยแบ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานใน 8 ทักษะแรกและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นบูรณาการใน 5 ทักษะหลัง รายละเอียดดังนี้ (สมจิต สวธนไพบูลย์, 2535)

2.2.1 ทักษะการสังเกต (observation) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงซึ่งแต่ละข้อมูลมีลักษณะ ดังนี้

2.2.1.1 การสังเกตข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง สังเกตเกี่ยวกับรูปร่างและสมบัติประจำตัวของสิ่งที่สังเกต เช่น รูปร่าง สี กลิ่น รส เสียง ลักษณะพื้นผิว ความร้อนเย็น เช่น เมื่อใช้ตาดูลูกอมชนิดหนึ่ง บอกว่า มีรูปร่างกลม สีแดง เป็นต้น

2.2.1.2 การสังเกตข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการสังเกตโดยการบอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เป็น การสังเกตที่ต้องมีสิ่งอ้างอิง การอ้างอิง อาจทำโดยการกะประมาณ หรืออ้างอิงกับหน่วยมาตรฐานใดๆ เช่น น้ำตาลทรายหนักประมาณ 1 กิโลกรัม

2.2.1.3 การสังเกตข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลง เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดของลูกตุ้มสีเหลืองเมื่อได้รับความร้อน ดังนี้ ลูกตุ้มสีเหลืองนั้นมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนในที่สุดละลายหายไปภายในเวลา 5 นาที เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

(2) บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

(3) บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2.2.2 ทักษะการวัด (measurement) หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดอย่างเหมาะสม และใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน โดยมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับเสมอ ซึ่งหน่วยวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นสากลในปัจจุบันคือ ระบบหน่วย SI (international system of units หรือ systeme international d' unite's) การวัดจะต้องอาศัยทักษะในการวัด ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง สามารถเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัดอย่างเหมาะสม และอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) เลือกเครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด

(2) บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

(3) บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

(4) ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนักและสิ่งอื่นๆ ได้ถูกต้อง

(5) ระบุหน่วยตัวเลขที่ได้จากการวัด

2.2.3 ทักษะการคำนวณ (using number) หมายถึง ความสามารถในการนับจำนวน การใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ การตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน สามารถคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง โดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

ความสามารถที่จะแสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

(2) ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

(3) ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือแตกต่างกัน

(4) บอกวิธีการคำนวณและแสดงวิธีคำนวณได้ถูกต้อง

(5) บอกวิธีและแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง

2.2.4 ทักษะการจำแนกประเภท (classification) หมายถึง ความสามารถในการแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใด อย่างหนึ่ง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การแบ่งสิ่งของหรือการเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นของตนเองหรือของ ผู้อื่นเป็นผู้กำหนด นอกจากนี้ยังมีการบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งพวก หรือเรียงลำดับสิ่งของที่ผู้อื่นทำไว้ เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

(2) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

(3) บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

2.2.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (space / space relationship and space / time relationship) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้น

ครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น สเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ (dimensions) คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง หรือความหนาของวัตถุ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา อธิบายได้ ดังนี้

2.2.5.1 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส หมายถึงความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรง 2 มิติ กับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่บ่งว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ได้แก่ การบ่งชี้รูปทรง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้ บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงาและภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้ เป็นต้น

2.2.5.2 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ 3 มิติ ความสามารถในการระบุรูปทรง ขนาด ตำแหน่ง และทิศทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่างๆ เช่นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของน้ำแข็งที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลาต่างๆ เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

(2) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งของต่างๆ กับเวลาได้

2.2.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ การแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ และการเขียนบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

(2) บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

(3) ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

(4) เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจดีขึ้นได้

(5) บรรยายลักษณะของสิ่งหนึ่งสิ่งใดด้วยข้อความที่เหมาะสมและกะทัดรัด สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

(6) บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสภาพที่ตนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าได้

2.2.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายหรือสรุปข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง หรือจากการวัด การทดลอง โดยเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวที่มี เหตุผลลงไป ความคิดเห็นส่วนตัวที่เพิ่มลงไปจะได้จากการใช้ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิมและข้อมูลเดิมมาประกอบ

2.2.8 ทักษะการพยากรณ์ (prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายผลเหตุการณ์ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูล ความสัมพันธ์ หลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่แล้วเป็นแนวทาง การพยากรณ์อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่และการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลให้ความเชื่อมั่น หรือมีโอกาสผิดพลาดได้น้อยกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

(1) การพยากรณ์ทั่วไป เช่น ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีได้

(2) การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

2.2.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบหรือสรุป คำตอบของปัญหาล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบล่วงหน้านี้เป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎีมาก่อน คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านี้ มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์

2.2.10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือข้อความที่มีอยู่ในสมมุติฐานที่จะทดลอง เพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้ เช่น "การเจริญเติบโต" หมายความว่าอย่างไร ต้องกำหนดนิยามให้ชัดเจน เช่น การเจริญเติบโตหมายถึงมีความสูงเพิ่มขึ้น เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สังเกตและวัดได้

2.2.11 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables)

หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากไม่ควบคุมให้เหมือนกันและเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดข้อโต้แย้ง ข้อผิดพลาดหรือตัดความไม่น่าเชื่อถือออกไป ตัวแปรแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.2.11.1 ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (independent variable) หมายถึง สิ่งที่จัดให้แตกต่างกัน ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดผล ซึ่งคาดว่าจะแตกต่างกัน มีความเป็นอิสระในตัวเอง

2.2.11.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) หมายถึง สิ่งที่ต้องติดตามผล ซึ่งเป็นผลมาจาก การจัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกัน ไม่มีความเป็นอิสระในตัวเอง ต้องแปรเปลี่ยนไปตามตัวแปรต้น

2.2.11.3 ตัวแปรควบคุม (controlled variable) หมายถึง สิ่งที่เราต้องควบคุมจัดให้เหมือนกัน เพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดลองเกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

2.2.12 ทักษะการทดลอง (experimenting) หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น โดยใช้ทักษะต่างๆ เช่น การสังเกต การวัด การพยากรณ์ การตั้งสมมุติฐาน ฯลฯ กระบวนการในการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน

2.2.12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือการทดลองจริงเพื่อกำหนด

1) วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2) อุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2.2.12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึงการลงมือปฏิบัติการทดลอง

2.2.12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ

2.2.13 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpretting data and conclusion) หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของลักษณะตาราง รูปภาพ กราฟ การนำข้อมูลไปใช้จึงจำเป็นต้องตีความให้สะดวก ที่จะสื่อความหมายได้ถูกต้องและเข้าใจตรงกัน และการตีความหมายข้อมูลคือการบรรยายลักษณะและคุณสมบัติ ในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น การคำนวณ การสังเกต เป็นต้น ส่วนการลงข้อสรุป คือ การบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด การลงข้อสรุป สามารถทำได้ 2 ระดับ คือ

2.2.13.1 การสรุปในระดับแคบ คือ การสรุปให้อยู่เฉพาะกลุ่มตัวอย่างหรือสิ่งที่นำมาศึกษา

2.2.13.2 การสรุปในระดับกว้าง คือ การสรุปที่ออกนอกขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างแต่เป็นการขยายกว้างไปสู่ประชากรหรือกลุ่มใหญ่ ข้อสรุปนี้มีความเชื่อถือได้น้อยกว่าแบบแรก

ความสามารถที่แสดงว่า เกิดทักษะแล้ว คือ

(1) แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

(2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ ถ้าเป็นกราฟแสดงเส้นตรงก็สามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้นกับตัวแปรตาม ขณะที่ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลง

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว พอสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของความรู้วิทยาศาสตร์ และเป็นสิ่งที่ผู้เรียนต้องใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้อยู่ในชีวิตประจำวันตลอดเวลา ดังนั้นผู้รายงานจึงตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

2.3.1 ความหมายและแนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 3-5 คน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพการเรียนรู้ของแต่ละคน สนับสนุนให้มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันจนบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ ใช้ความหลากหลายของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการปรับปรุงความเข้าใจต่อเนื้อหาวิชา สมาชิกแต่ละคนในทีมมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ซึ่งนักเรียนจะบรรลุถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ได้ก็ต่อเมื่อสมาชิกคนอื่นๆ ในกลุ่มไปถึงเป้าหมายเช่นเดียวกัน ความสำเร็จของตนเองก็คือความสำเร็จของกลุ่มด้วย นอกจากนี้ ยังมีการสร้างบรรยากาศเพื่อให้บังเกิดการบรรลุผลสำเร็จที่ตั้งไว้ด้วย (Johnson and Johnson, 1999; Slavin, 1995) มีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

2.3.1.1 ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในทางบวก (Positive Interdependent) หมายถึงการพึ่งพากันในทางบวก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การพึ่งพากันเชิงผลลัพธ์ คือการพึ่งพากันในด้านการได้รับผลประโยชน์จากความสำเร็จของกลุ่มร่วมกัน ซึ่งความสำเร็จของกลุ่มอาจจะ

เป็นผลงานหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่ม ในการสร้างการพึ่งพากันในเชิงผลลัพธ์ได้ดีนั้น ต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนทำงาน โดยมีเป้าหมายร่วมกัน จึงจะเกิดแรงจูงใจให้ผู้เรียนมีการพึ่งพาซึ่งกันและกัน สามารถร่วมมือกันทำงานให้บรรลุผลสำเร็จได้ และการพึ่งพาในเชิงวิธีการ คือ การพึ่งพากันในด้านกระบวนการทำงานเพื่อให้งานกลุ่มสามารถบรรลุได้ตามเป้าหมาย ซึ่งต้องสร้างสภาพการณ์ให้ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มได้รับรู้ว่าตนเองมีความสำคัญต่อความสำเร็จของกลุ่ม ในการสร้างสภาพการพึ่งพากันในเชิงวิธีการ มีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) การทำให้เกิดการพึ่งพาทรัพยากรหรือข้อมูล (Resource Interdependence) คือ แต่ละบุคคลจะมีข้อมูลความรู้เพียงบางส่วนที่เป็นประโยชน์ต่องานของกลุ่ม ทุกคนต้องนำข้อมูลมารวมกันจึงจะทำให้งานสำเร็จได้ ในลักษณะที่เป็นการให้งานหรืออุปกรณ์ที่ทุกคนต้องทำหรือใช้ร่วมกัน 2) ทำให้เกิดการพึ่งพาเชิงบทบาทของสมาชิก (Role Interdependence) คือ การกำหนด บทบาทของการทำงานให้แต่ละบุคคลในกลุ่ม และการทำให้เกิดการพึ่งพาเชิงภาระงาน (Task Interdependence) คือ แบ่งงานให้แต่ละบุคคลในกลุ่มมีทักษะที่เกี่ยวเนื่องกัน ถ้าสมาชิกคนใดคนหนึ่งทำงานของตนไม่เสร็จ จะทำให้สมาชิกคนอื่นไม่สามารถทำงานในส่วนที่ต่อเนื่องได้

2.3.1.2 การมีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม (Face to Face Promotive Interdependence) หมายถึง การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนช่วยเหลือกัน มีการติดต่อสัมพันธ์กัน การอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด การอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มได้เกิดการเรียนรู้ การรับฟังเหตุผลของสมาชิกในกลุ่ม การมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้เกิดการเรียนรู้ การรับฟังเหตุผลของสมาชิกภายในกลุ่ม จะก่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียน เป็นการเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้รู้จักการทำงานร่วมกันทางสังคม จากการช่วยเหลือสนับสนุนกัน การเรียนรู้เหตุผลของกันและกัน ทำให้ได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับ การทำงานของตนเอง จากการตอบสนองทางวาจา และท่าทางของเพื่อนสมาชิกช่วยให้รู้จักเพื่อนสมาชิกได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน

2.3.1.3 ความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละบุคคล (Individual Accountability) หมายถึง ความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของสมาชิกแต่ละคน โดยต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ ต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อนสมาชิก ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสามารถและความรู้ที่แต่ ละคนจะได้รับ มีการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นรายบุคคลหรือไม่ โดยประเมินผลงานของสมาชิกแต่ละคน ซึ่งรวมกันเป็นผลงานของกลุ่มให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งกลุ่มและรายบุคคลให้สมาชิกทุกคนรายงานหรือมีโอกาสแสดงความคิดเห็นโดยทั่วถึง ตรวจสรุปผลการเรียนเป็นรายบุคคลหลังจบบทเรียน เพื่อเป็นการประกันว่า

สมาชิกทุกคนในกลุ่มรับผิดชอบทุกอย่างร่วมกับกลุ่ม ทั้งนี้สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะต้องมีความมั่นใจและพร้อมที่จะได้รับการทดสอบเป็นรายบุคคล

2.3.1.4 การใช้ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย (Interpersonal and Small Group Skills) หมายถึง การมีทักษะทางสังคม (Social Skill) เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข คือ มีความเป็นผู้นำ รู้จักตัดสินใจ สามารถสร้างความไว้วางใจ รู้จักติดต่อสื่อสาร และสามารถแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งในการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานร่วมกันที่จะช่วยให้การทำงานกลุ่มประสบความสำเร็จ

2.3.1.5 กระบวนการทำงานของกลุ่ม (Group Processing) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ของกลุ่ม โดยผู้เรียนจะต้องเรียนรู้จากกลุ่มให้มากที่สุด มีความร่วมมือทั้งด้านความคิด การทำงาน และความ รับผิดชอบร่วมกันจนสามารถบรรลุเป้าหมายได้ การที่จะช่วยให้การดำเนินงานของกลุ่มเป็นไปได้อย่าง มีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายนั้น กลุ่มจะต้องมีหัวหน้าที่ดี สมาชิกดี และกระบวนการทำงานดี นั่นคือ มีการเข้าใจในเป้าหมายการทำงานร่วมกันในกระบวนการนี้สิ่งที่สำคัญ คือ การประเมินทั้งในส่วนที่เป็นวิธีการทำงานของกลุ่ม พฤติกรรมของสมาชิกกลุ่ม และผลงานของกลุ่ม โดยเน้นการประเมินคะแนนของผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มมาเป็นคะแนนกลุ่ม เพื่อตัดสินความสำเร็จของกลุ่มด้วย ประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม ประเมินหัวหน้า และประเมินสมาชิกกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อให้ ผู้เรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการกลุ่มที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของกลุ่มได้

2.3.2 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน หรือ LT (Learning Together)

รูปแบบ LT (Learning Together) นี้ จอห์นสัน และจอห์นสัน (Johnson and Johnson) เป็นผู้เสนอในปี ค.ศ. 1975 ต่อมาในปี ค.ศ. 1984 เขาเรียกรูปแบบนี้ว่า วงกลมการเรียนรู้ (Circles of Learning) รูปแบบนี้มีการกำหนดสถานการณ์และเงื่อนไขให้นักเรียนทำผลงานเป็นกลุ่ม ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแบ่งปันเอกสาร การแบ่งงานที่เหมาะสม และการให้รางวัลกลุ่ม การจัดกิจกรรมการเรียนแบบร่วมมือตามรูปแบบ LT จะต้องมีองค์ประกอบ ดังนี้

2.3.2.1 สร้างความรู้สึกพึ่งพากัน (Positive Interdependence) ให้เกิดขึ้นในกลุ่มนักเรียน ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี คือ กำหนดเป้าหมายร่วมของกลุ่ม (Mutual Goals) ให้ทุกคนต้องเรียนรู้เหมือนกัน 2) การให้รางวัลรวม 3) ให้ใช้เอกสารหรือแหล่งข้อมูล (Share Resources) ครูอาจแจกเอกสารที่ต้องใช้เพียง 1 ชุด สมาชิกแต่ละคนจะต้องช่วยกันอ่านโดยแบ่งเอกสารออกเป็นส่วนๆ เพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ 4) กำหนดบทบาทของสมาชิกในการทำงานกลุ่ม (Assigned Roles) งานที่มอบหมายแต่ละงานอาจกำหนดบทบาทการทำงานของสมาชิกใน

กลุ่มแตกต่างกัน หากเป็นงานเกี่ยวกับการตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่กำหนด ครูอาจกำหนดบทบาทของสมาชิกในกลุ่มเป็นผู้อ่านคำถาม ผู้ตรวจสอบ ผู้กระตุ้นให้สมาชิกช่วยกันคิดหาคำตอบ และผู้จดบันทึกคำตอบ

2.3.2.2 จัดให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน (Face – To – Face Interaction) ให้นักเรียนทำงานด้วยกันภายใต้บรรยากาศของความช่วยเหลือและส่งเสริมกัน

2.3.2.3 จัดให้มีความรับผิดชอบในส่วนบุคคลที่จะเรียนรู้ (Individual Accountability) เป็นการทำให้นักเรียนแต่ละคนตั้งใจเรียนและช่วยกันทำงาน ไม่กินแรงเพื่อน ครูอาจจัดสภาพการณ์ได้ด้วยการประเมินเป็นระยะ สุ่มสมาชิกของกลุ่มให้ตอบคำถามหรือรายงานผลการทำงาน สมาชิกทุกคนจึงต้องเตรียมพร้อมที่จะเป็นตัวแทนของกลุ่ม

2.3.2.4 ให้ความรู้เกี่ยวกับทักษะสังคม (Social Skills) การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดี นักเรียนต้องมีทักษะทางสังคมที่จำเป็น ได้แก่ ความเป็นผู้นำ การตัดสินใจ การสร้างความไว้ใจ การสื่อสาร และทักษะการจัดการกับข้อขัดแย้งอย่างสร้างสรรค์

2.3.2.5 จัดให้มีกระบวนการกลุ่ม (Group Processing) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม ให้กำลังใจซึ่งกันและกัน และหาทางปรับปรุงการทำงานกลุ่มให้ดีขึ้น

จากหลักการดังกล่าวทำให้ได้รูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน หรือ Learning Together ที่นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ได้ผลงานกลุ่ม ในขณะทำงานนักเรียนช่วยกันคิดและช่วยกันตอบคำถาม พยายามทำให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมและทุกคนเข้าใจที่มาของคำตอบ ให้นักเรียนขอความช่วยเหลือจากเพื่อนก่อนที่จะถามครู และครูชมเชยหรือให้รางวัลกลุ่มตามผลงานของกลุ่มเป็นหลัก ซึ่งการเรียนแบบร่วมมือมีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อนักเรียนเป็นอย่างมาก เป็นกิจกรรมที่มุ่งให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และเป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในตนเองที่จะสามารถช่วยเหลือผู้อื่นได้

2.4 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.4.1 ความหมายชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ชุดปฏิบัติการ จะมีลักษณะให้นักเรียนสามารถค้นคว้าหาคำตอบ และเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีคำถามชี้แนะ ให้นักเรียน ได้ฝึกการสังเกต แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นักเรียนจะได้ค้นพบแนวความคิดหลังจากศึกษา สำรวจภาคสนามและการอภิปรายหลังชุดปฏิบัติการ นักเรียนจะได้ฝึกชี้บ่งและแก้ปัญหา โดยกิจกรรมบางตอนจะเริ่มด้วยปัญหา นักเรียนต้องคิดค้นและสำรวจหาสาเหตุของปัญหาเพื่อหาทางแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการชี้บ่ง

ปัญหาและการแก้ปัญหากิจกรรมในชุดปฏิบัติการเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ ด้วยการใช้ประสาทสัมผัส ภาษาที่ใช้ควรเข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกว่าทุกคนสามารถเรียนจากชุดปฏิบัติการนี้ได้ กิจกรรมที่กำหนดในชุดปฏิบัติการ จะพยายามให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.4.2 จุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการเรียนการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนโดยโดยใช้ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์ ปลูกฝังทักษะการสืบสวนสอบสวน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆได้ ปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติและความพึงพอใจความมีใจกว้างและความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลอง พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหา ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางด้านสติปัญญา พัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

2.4.3 ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การให้นักเรียนทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้นทั่วไปไปจัดได้ 2 แบบ คือการทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory) (สุวัฒก์ นิยมค้า, 2531)

(1) การทดลองแบบสำเร็จรูป การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ไข้และอื่นๆ ไว้สำเร็จ นักเรียนแต่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lad Direction)

(2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบ โดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายการทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงลงมือการทดลองตามแบบที่กำหนไว้ การวางแผนการทดลองครูอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหาการตั้งสมมติบานและการสร้างทดลอง ตามลำดับ

นอกจากนี้ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543) ได้กำหนดชนิดของวิธีการสอนแบบทดลอง 3 ชนิด ดังนี้

(1) วิธีสอนแบบทดลองตามชุดปฏิบัติการหรือตามแบบฝึกหัด (Laboratoory approach or Cookbook experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเยนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง (Lab sheet) ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อย โดยมุ่งหวังนักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนมติและเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ ทฤษฎี

(2) วิธีการสอนแบบทดโดยมีการชี้แนะ (Guided experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดองด้วยตนเอง โดยมีครูคอยตั้งคำถามชี้แนะแนวทาง

(3) วิธีสอนแบบทดลองที่แท้จริง (Pure experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการคิดทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การอออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง

2.4.4 ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่มีแบบที่กำหนดตายตัว ทั้งนี้มีขั้นตอนในการสอนรูปแบบคล้ายๆกัน คือ

(1) ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนหรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากจะศึกษา

(2) ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูลหรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน

(3) นักเรียนเสนอวิธีการทดลองหรือลงมือปฏิบัติการเพื่อนค้นคว้า รวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ

(4) นักเรียนทำการทดลองโดยสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

(5) นักเรียนตอบคำถามของครูโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อให้นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

(6) นักเรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบ เพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาของสิ่งที่ศึกษา

นอกจากนี้ รอมมี (Romey,1986) ได้แบ่งกิจกรรมการสอนแบบทดลองออกเป็น 3 ขั้น ดังนี้

(1) ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-Lab Discussion) ในขั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถามนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อนเร้าความสนใจและให้ความสัมพันธ์บางอย่าง

(2) ขั้นทำการทดลอง (Lab Activity) ในขั้นนี้เป็นการลงมือให้นักเรียนทำการทดลองตามแนวที่ได้อภิปรายไว้ในขั้นก่อน บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะผู้อำนวยวิจัยมากกว่าที่จะเป็นทำการทดลอง เป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจ อภิปรายร่วมกับนักเรียนส่วนผู้มีบทบาทสำคัญ คือ นักเรียน

(3) อภิปรายหลังการทดลอง (Post-Lab Discussion) หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลองแล้วให้นักเรียนเสนอผลการทดลองในช่วงนี้ สิ่งที่อยู่ในมือครูคือ ผลการทดลองที่ถูกต้องจากหนังสือ จากการทดลองมืออาชีพ จากการทดลองที่ใช้เครื่องมืออย่างดีหรือจากครู ข้อมูลและผลการ

ทดลองชุดนี้มีไว้เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่า การทดลองของนักเรียนเป็นอย่างไรนอกจากนี้ครูอาจจะให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

2.4.5 บทบาทของครูในการจัดการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวิตร์ ชูศิลป์ (2524) กล่าวว่าบทบาทของครูมีอยู่ 3 ตอนด้วยกัน คือ

ตอนที่ 1 การอธิบายก่อนการทดลอง ในขั้นอภิปรายก่อนทดลอง ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ในขั้นทำการทดลอง ครูจะต้องดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น และสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษา ไม่ปล่อยให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำพัง

ตอนที่ 3 การอภิปรายผลการทดลอง ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้องผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้ปฏิบัติวิทยาศาสตร์ ครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำต่างๆ คอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปผลการทดลองได้ ครูถามเพื่อให้นักเรียนตอบ ทำรายงานการทดลองและสามารถอธิบายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองได้

2.5 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) โดยใช้ Normalized gain

Normalized Gain คือวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น เป็นการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ของผลการเรียนสูงสุดที่จะมีโอกาสเพิ่มขึ้นไป (อภิสิทธิ์ ธงไชย, และคณะ, 2551) โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง(Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\,\text{pos-test}) - (\%\,\text{pre-test})}{100 - (\%\,\text{pre-test})}$$

โดยที่ <g> คือ ค่า Normalized gain

%post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเปอร์เซ็นต์ *

%pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอรีเซ็นต์ *

*หมายเหตุ คิดเฉพาะนักเรียนคนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

ระดับสูง (High gain)	ค่าอยู่ระหว่าง	$\langle g \rangle \geq 0.7$
ระดับปานกลาง (Medium gain)	ค่าอยู่ระหว่าง	$0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
ระดับต่ำ (Low gain)	ค่าอยู่ระหว่าง	$0.0 \leq \langle g \rangle \leq 0.3$

2.5.1 ประเภทของ Normalized Gain

2.5.1.1 Class average Normalized gain หมายถึง การพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นนั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียนการพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นมีการพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้น

2.5.1.2 Single student Normalized gain หมายถึง การพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีการพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยดูได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน สำหรับค่า <g> ของนักเรียนแต่ละคนทั้งชั้นแล้วมาหาค่าเฉลี่ย (Average of the single student Normalized gain) หรืออาจจะเรียกว่าเป็นค่าเฉลี่ย <g> ของนักเรียนห้องนี้ ซึ่งควรจะเป็นค่าเดียวกันกับ Class Normalized gain แต่ค่าที่ได้จากวิธีนี้จะพบว่ามีค่าไม่เท่ากันโดยค่าที่ได้ด้วยวิธีนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ ของ Class Normalized gain โดยที่จำนวนประชากรที่ทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 20 คนขึ้นไป

2.5.1.3 Single test item Normalized gain หมายถึง การพิจารณาว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดของข้อสอบข้อที่เรากำลังพิจารณา ในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนการพิจารณา ในลักษณะนี้มีข้อดีคือทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบข้อนั้นๆ เป็นอย่างไรซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี สำหรับข้อสอบชุดหนึ่งๆ โดยเฉพาะข้อสอบที่เป็น Conceptual test จะมีการแบ่งหมวดหมู่ของข้อสอบออกเป็นกลุ่มตามแนวความคิดรวบยอดที่ผู้สร้างแบบทดสอบได้ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนแรกดังนั้นจึงนิยมที่จะพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนต่อกลุ่มข้อสอบกลุ่มนั้นๆ อันจะทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อแนวคิดรวบยอดนั้นๆ เป็นอย่างไร

2.5.1.4 Conceptual dimensional Normalized gain เป็นการดูว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อหัวข้อหนึ่งๆเป็นอย่างไร การพิจารณาผลการเรียนรู้

ในลักษณะนี้จะใช้กรณีที่ต้องการดูว่านักเรียนมีผลการเรียนหรือมีพัฒนาการต่อการเรียนในแต่ละหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างไร เนื่องจากการสอบครั้งหนึ่งๆจะมีการสอบรวบยอดเพื่อที่จะดูผลการเรียนที่นักเรียนสอบได้ต่อข้อสอบชุดนั้นๆซึ่งข้อสอบมาตรฐานทั่วไปจะมีการวัดความเข้าใจหลายๆหัวข้ออยู่ในข้อสอบชุดเดียวกัน ดังนั้นหากเราดูเฉพาะคะแนนรวมไม่อาจบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละแนวความคิดรวบยอดนั้นมากน้อยเพียงใด จึงเป็นการดีที่เราจะได้ดูว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดในเรื่องใดมากหรือน้อย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

วิชุลดา ราชหงส์ และสมบูรณ์ พินธุรักษ์ (2555) ได้พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT และศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 75.38/75.40 ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT มีค่าเท่ากับ 0.6695 หรือร้อยละ 66.95 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.69

จิรนันท์ มณีรัตน์ (2553 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ วิชา การใช้โปรแกรมฐานข้อมูล โดยการนำหลักการการเรียนรู้ร่วมกันของผู้เรียนโดยการจัดกลุ่มการเรียนเป็นกลุ่มย่อยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษาปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ผู้สอนสังเกตติดตามการทำงานของกลุ่มและกระตุ้นเสริมแรงในบางครั้ง พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้น เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม เช่น การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อการ การนำเสนอ และการเชื่อมโยง ซึ่งกระบวนการดังกล่าว เมื่อพิจารณาผลคะแนนเฉลี่ยรวมจากการทำทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 71.40 ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยรวมที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งมีค่าเท่ากับ 46.00 จึงสรุปได้ว่า การกิจกรรมการเรียนการการเรียนรู้รูปแบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบ Jigsaw วิชา การใช้โปรแกรมฐานข้อมูล ที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

ลัดดา ตระกูลรัมย์ (2553 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน โดยวิธีการสร้างผลสัมฤทธิ์ของทีม เรื่อง โมเมนตัมการชน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านการทดลอง ทักษะการลงข้อสรุป และทักษะการ

ตั้งสมมติฐาน อยู่ในระดับมากที่สุด มาก และน่าพอใจ ตามลำดับ และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่อง โมเมนตัมและการชน อยู่ในระดับดี

ณัฏฐณิชา โพธิ์งาม (2552 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้จากการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และมีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) เท่ากับ 0.68 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่ 4.02 จากแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคอร์ท

พัชรินทร์ จันทร์หัวโทน (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ ในวิชาวิทยาศาสตร์มีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มดีขึ้น

โฆษิต จัตุรัสวัฒนากุล (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีระดับความสามารถต่างกันผลการวิจัย พบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลองและมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุวัฒน์ วรสิทธิ์ (2540) สร้างชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องครื่องใช้ไฟฟ้าทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าชุดปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 89.75/92.78 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Frederick Stem et al. (2006) ได้ทำการศึกษาวิจัยพบว่าการเรียนเรื่องการคำนวณทางกลศาสตร์ของไหล โดยใช้การเรียนร่วมกันระหว่างการใช้หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์และการทำปฏิบัติการ สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้

Neal (1969) ได้ศึกษาถึงการจัดกลุ่มปฏิบัติการวิชาเคมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะปฏิบัติการของนักเรียน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมให้ทำปฏิบัติการเดี่ยว กลุ่มทดลองให้ทำปฏิบัติ 2 คน ในการจัดคนเข้ากลุ่มนั้นได้แบ่งออกตามระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือสูง กลาง ต่ำ จากนั้นจึงสุ่มแต่ละระดับเข้ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ทำชุดปฏิบัติการเดี่ยวและกลุ่มที่ทำชุดปฏิบัติการ 2 คน

St. John (1979) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการคิดอย่างนักฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยแคลิฟอเนีย ที่เบิร์คเลย์ สำหรับนักเรียนวิทยาศาสตร์ชีวภาพและนักศึกษาเตรียมแพทย์ ในส่วนของวิชากลศาสตร์ จากการวิเคราะห์ผลอย่างละเอียดพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างการปฏิบัติการแบบเก่าและแบบที่จัดขึ้นใหม่ นักเรียนที่ใช้ชุดปฏิบัติการแบบใหม่เรียนรู้ทักษะที่มีประโยชน์และเข้าใจการทดลองที่ทำด้วยตัวเองอย่างดี นอกจากนี้ยังรู้สึกสนุกสนานและคุ้มค่ากับเวลาที่เสียไป ส่วนครูผู้สอนพบว่ามีเจตคติที่ดีต่อชุดปฏิบัติการแบบใหม่ที่สร้างมากกว่าแบบเก่า

การเรียนโดยการลงมือปฏิบัติสามารถเพิ่มการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้จริง (Mattheiss & Nakayama, 1998; Saunders & Shepardson, 1984)

จากการประมวลผลงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่าการฝึกทักษะด้วยการลงมือปฏิบัติ จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาค้นคว้าว่าการลงมือปฏิบัติจริงสามารถใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จึงต้องใช้กระบวนการฝึกตลอดหนึ่งปีการศึกษา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ตัวแปรในการวิจัย

3.3 รูปแบบแผนการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT
- 3.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3.4.3 บทปฏิบัติการ เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ โดยใช้ชุด Air Track
- 3.4.4 แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
- 3.4.5 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้จากการปฏิบัติการทดลองด้วยชุด Air Track

3.5 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 จำนวน 144 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมืองจังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 นักเรียนโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 23 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3.2 ตัวแปรในการวิจัย

3.2.1 ตัวแปรต้น (Independent Variables) ได้แก่

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT

3.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

3.2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

3.2.2.3 ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

3.2.2.4 ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

3.3 รูปแบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบ Pre-Experimental design โดยใช้กลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (one group pretest - posttest design) โดยผู้วิจัยได้ทำการโดยใช้ชุด Air Track ในการปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT (บุญชม ศรีสะอาด, 2535)

ตารางที่ 3.1 รูปแบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
กลุ่มที่ต้องการพัฒนา	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pre – test)

X หมายถึง ทดลองใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

O_2 หมายถึง ทดสอบหลังเรียน (Post – test)

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT ในรายวิชา กลศาสตร์ (ว 30201) เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ (ภาคผนวก ก) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจำนวน 4 แผน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง (คาบเดี่ยว 3 คาบต่อสัปดาห์) แต่ละแผนมีองค์ประกอบของแผน คือ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล ซึ่งมีขั้นการสอน 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้น สำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

3.4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT) มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วย การแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4 คนให้นักเรียนร่วมอภิปรายกิจกรรมรับถุงทราย ตามสถานการณ์ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 ปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันตกจากที่สูงต่างกัน

สถานการณ์ที่ 2 ปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกันจากระดับเดียวกัน

- เมื่อปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันตกจากที่สูงต่างกันถุงทรายจะมีความเร็วขณะกระทบมือ และแรงที่ใช้ในการรับถุงทรายจะเป็นอย่างไร

- เมื่อปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกันจากระดับเดียวกัน ถุงทรายจะมีความเร็วขณะกระทบมือและแรงที่ใช้ในการรับถุงทรายจะเป็นอย่างไร

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปคำตอบของกลุ่มตนเองจากการระดมความคิดเห็นของสมาชิกทุกคน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันสรุปถึงปริมาณที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ใช้บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ นั่นคือโมเมนตัม พบว่า วัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออก

แรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย ซึ่งค่าโมเมนตัมจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุนั่นเอง ถ้าเราอยากทราบว่า มวลและความเร็วของวัตถุมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จะได้ศึกษาต่อไป โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและมวลในการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมโดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรม บันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลองตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติ พร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด เพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้ ร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลอง ลงข้อสรุป และทำความเข้าใจกับผลงานที่ได้ร่วมกัน เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ ส่งผลงานของทุกกลุ่มที่ครู สุ่มตัวแทนนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มนำเสนอ ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลการทดลอง และอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติม เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน จากนั้นครูสรุปผลการนำเสนอผลงานและประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

3.4.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT) มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสาธิตการปล่อยไข่มวลเท่ากันให้ตกลงบนฟองน้ำหนาๆ และปล่อยให้ตกบนพื้นแข็ง จากระดับความสูงเท่ากัน ตั้งคำถามจากสถานการณ์ การปล่อยไข่นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า แรงที่พื้นกระทำ

ต่อไข่มีขนาดเท่าไร ถ้าเราอยากทราบว่าแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีขนาดเท่าไร นักเรียนจะมีวิธีการวัดค่าของแรงนั้นอย่างไร

จากนั้น แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 คนแบบคละเก่ง ปานกลาง อ่อน พร้อมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสำรวจตรวจสอบเพื่อศึกษาวิธีการหาค่าแรงที่กระทำกับวัตถุ ค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป และช่วงเวลาที่แรงกระทำกับวัตถุ โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล โดยแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองโดยพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรมการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่ สมาชิกกลุ่มยอมรับ

หากกลุ่มไหนมี 3 คน ให้แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบงานให้ครบถ้วน นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติพร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนดเพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม จากนั้นสุ่มตัวแทนนักเรียนจากกลุ่มต่างๆ โดยการจับฉลากทั้งหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิก ประมาณ 1-2 กลุ่ม นำเสนอผลการทดลอง

3.4.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT) สำหรับแผนจัดการเรียนรู้นี้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดจากการสาธิตการชนกันของรถทดลอง 2 คัน บนราง Air Track โดยกำหนดสถานการณ์การชน คือรถมวลเท่ากันชนกัน ซึ่งให้รถทดลองที่ถูกชนหยุดนิ่งและติดสปริงไว้ภายหลังจากการชนกันแล้วรถทั้งสองคันจะเคลื่อนที่อย่างไร แนวการเคลื่อนที่ของรถทดลองเป็นอย่างไรให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คนแบบคละ เก่ง ปานกลาง อ่อน กำหนดหมายเลขให้สมาชิกในกลุ่มเป็นคนที่ 1-4 ครูตั้งคำถามกับนักเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล คิดหาคำตอบของปัญหา โดยจับคู่กันภายในกลุ่ม จากนั้นให้ผลัดเปลี่ยนกันอธิบาย

คำตอบของปัญหาให้กันและกันฟัง สุ่มตัวแทนนักเรียนอธิบาย โดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิก พร้อมให้คะแนนกลุ่มที่นำเสนอผลการสืบค้นที่ดีที่สุด ให้คะแนนโบนัส ชมเชยนักเรียนที่เป็นตัวแทนในการสรุป ครูเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสำรวจตรวจสอบเพื่อศึกษาวิธีการหาค่าความเร็วของรถทดลองก่อนชนและหลังชนเพื่อสนับสนุนผลการสังเกต ทั้งนำไปสู่การคำนวณหาค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังการชนของรถทดลองที่ติดสปริง โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรม บันทึกผลการทดลองตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้ เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ซึ่งในการทำงานต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

ให้นักเรียนประเมินการทำงานกลุ่มตามแบบประเมินที่ครูแจกให้ด้วย และสมาชิกกลุ่มทุกคนต้องทำความเข้าใจกับผลงานของกลุ่มด้วยเพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำเสนอผลงานได้ และให้แต่ละกลุ่มทำงานให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด โดยครูจะเป็นผู้ประเมินการทำงานของกลุ่มนักเรียนด้วย กลุ่มที่สามารถทำงานได้เสร็จและเรียบร้อยถูกต้องภายในเวลาที่กำหนดจะได้รับโบนัส ส่วนกลุ่มที่ช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะถูกหักคะแนนการทำงานกลุ่ม สุ่มตัวแทนนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิกนำเสนอผลการทดลอง

3.4.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT) สำหรับแผนจัดการเรียนรู้นี้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดจากการสาธิตการชนกันของรถทดลอง 2 คัน บนราง Air Track โดยกำหนดสถานการณ์การชน คือโดยกำหนดสถานการณ์การชน คือหลังการชนรถทดลองติดกันไป และหลัง

การชนรถทดลองดีดออกจากกัน โดยตั้งคำถามว่าภายหลังการชนของรถทดลองทั้ง 2 สถานการณ์ มีโมเมนตัมเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างไรและพลังงานจลน์เปลี่ยนไปอย่างไร ถ้าเราอยากทราบว่าโมเมนตัมของรถทดลองเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างไรและพลังงานจลน์เปลี่ยนไปอย่างไร นักเรียนจะมีวิธีการวัดค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของรถทดลองนั้นอย่างไรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการวัดขนาดของโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของรถทดลอง โดย ศึกษาวิธีการหาค่าความเร็วของรถทดลองก่อนชนและหลังชน ทั้งนำไปสู่การคำนวณหาค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังการชนของรถทดลอง โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น และ ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรม บันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลองตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่ สมาชิกกลุ่มยอมรับ

นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติ พร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนดเพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้ เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องมีการแบ่งหน้าที่กันทำงานโดยไม่ให้ซ้ำกับหน้าที่เดิมที่เคยปฏิบัติมาแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลองลงข้อสรุป และทำความเข้าใจกับผลงานที่ได้ร่วมกัน ส่งผลงานของทุกกลุ่มที่ครู สุ่มตัวแทนนักเรียนอีกประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลาก นำเสนอผลการตรวจสอบตามรายละเอียดในการทดลองที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น และ การทดลองที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ จากนั้น นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับการทดลอง เพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุดร่วมกัน พร้อมเสนอแนะข้อเด่นข้อด้อยของผลงานแต่ละกลุ่ม ชื่นชมการทำงานของ

กลุ่มนักเรียนที่ร่วมมือกันทำกิจกรรมเป็นอย่างดี สรุปผลการนำเสนอและประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองร่วมกับการสอนแบบร่วมมือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง	การจัดการเรียนรู้/สื่อ
1	โมเมนตัม - นิยามของโมเมนตัม - $\bar{P} = m\bar{v}$	1	กิจกรรม เรื่องการปล่อยถุงทราย ปฏิบัติการครั้งที่ 1 เรื่องโมเมนตัม
1	การดลและแรงดล - $\sum F \cdot \Delta t = m\bar{v} - m\bar{u}$	2	กิจกรรมเรื่องการปล่อยไข่ ปฏิบัติการครั้งที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล
2	กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น - $\sum \bar{P}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{P}_{\text{หลังชน}}$ - $m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2$ การชนแบบยืดหยุ่นใน 1 มิติ - $\sum \bar{P}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{P}_{\text{หลังชน}}$ $[m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2]$ - $\sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} = \sum E_{k\ \text{หลังชน}}$ $\left[\frac{1}{2}m_1\bar{u}_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2\bar{u}_2^{\,2} = \frac{1}{2}m_1\bar{v}_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2\bar{v}_2^{\,2}\right]$	1 1	ปฏิบัติการครั้งที่ 3 เรื่องการชนใน 1มิติแบบยืดหยุ่น
3	การชนแบบไม่ยืดหยุ่นในหนึ่งมิติ - $\sum \bar{P}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{P}_{\text{หลังชน}}$ $[m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2]$ - $\sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} \neq \sum E_{k\ \text{หลังชน}}$ - $\Delta E_k = \sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} - \sum E_{k\ \text{หลังชน}}$	1	ปฏิบัติการครั้งที่ 4 เรื่องการชนใน1มิติแบบไม่ยืดหยุ่น

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ในการทดลองร่วมกับการสอนแบบร่วมมือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง	การจัดการเรียนรู้/สื่อ
	การดีดตัวออกจากกัน การระเบิด - $\sum E_{k\ \text{หลังชน}} > \sum E_{k\ \text{ก่อนชน}}$	1	ปฏิบัติการครั้งที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ
รวม		**7**	

3.4.2 บทปฏิบัติการ เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ โดยใช้ชุด Air Track จำนวน 5 ปฏิบัติการ ซึ่งสามารถทำการทดลองและสอนได้ 5 เนื้อหาคือ 1) โมเมนตัม 2) การดลและแรงดล 3) การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น 4) การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น และ 5) การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ ดังแสดงในภาคผนวก ข ซึ่งในแต่ละชุดปฏิบัติการประกอบด้วย ชื่อการทดลอง จุดประสงค์ ทฤษฎี วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง วิเคราะห์ สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายบทแต่ละปฏิบัติการ โดยผ่านการหาความเที่ยง (Validity) ของชุดปฏิบัติการจากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิชากลศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ โดยแบบทดสอบได้ผ่านการหาความเที่ยง (Validity) ของแบบทดสอบจากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ 3 ท่าน ทำการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและอำนาจการจำแนกจากนักเรียนกลุ่มทดลอง และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder–Richardson ดังแสดงในภาคผนวก ช

3.4.4 แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างแบบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กัน 3 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความและลงข้อสรุป แทรกในแต่ละแผนการเรียนรู้ การให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในภาคผนวก ง โดยแบบวัดทักษะผ่านการหาความเที่ยง (Validity) ของแบบประเมินทักษะจากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีเกณฑ์

การให้คะแนนตามพฤติกรรมที่แสดงออกมา และจากการเขียนรายงานการทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ระดับคะแนน 5 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 4 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 3 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 2 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 1 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึงไม่มีพฤติกรรมแสดงออก มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

3.4.5 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT โดยมีประเด็นประเมินทั้งหมด 4 ด้าน แล้วให้นักเรียนลงความคิดเห็น ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยมีระดับ ความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.5 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 แผนการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ วิชากลศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2551 ศึกษาหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมเนื้อหา ที่นักเรียนต้องศึกษาในเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ

3.5.1.2 ศึกษาเอกสารการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.5.1.3 ศึกษาการจัดทำแผนจัดการเรียนรู้และวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจากหนังสือการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544)

3.5.1.4 ศึกษาโครงสร้างหลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดเวลาเรียน คำอธิบายรายวิชาและหน่วยการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร โดยกำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องโมเมนตัม ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

3.5.1.5 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ วิชากลศาสตร์เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หน่วยการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา กำหนดเวลาเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2) เขียนสาระสำคัญ (ความคิดรวบยอด) โดยให้สัมพันธ์กับเนื้อหา

3) วิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แล้วแล้วแบ่งเนื้อหาเป็น 4 หัวข้อ 4 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 6 ชั่วโมง

4) กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ รูปแบบกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT โดยใช้ชุดปฏิบัติการ ในสื่อการเรียนการสอน

5) กำหนดการวัดผลและประเมินผล

3.5.1.6 จัดพิมพ์แผนการเรียนรู้และนำแผนการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของจุดประสงค์สาระการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ ความถูกต้อง ความเหมาะสมเนื้อหา ภาษาที่ใช้

3.5.1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น แล้วนำไปทดลองใช้

3.5.2 บทปฏิบัติการเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ โดยใช้ชุด Air Track วิชากลศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.2.1 ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ และเนื้อหาวิชากลศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ

3.5.2.2 ศึกษาจุดมุ่งหมาย ขอบเขตเนื้อหา กิจกรรมการทดลองในการสร้างบทปฏิบัติการโดยใช้ชุด Air Track และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์

3.5.2.3 สร้างบทปฏิบัติการ เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ โดยใช้ชุด Air Track ซึ่งจัดแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 เรื่อง ได้แก่

ปฏิบัติการที่ 1 เรื่องโมเมนตัม

ปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล

ปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น

ปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น

ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ

ซึ่งในแต่ละปฏิบัติการประกอบด้วย ชื่อการทดลอง จุดประสงค์ ทฤษฎี วัสดุอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และคำถามท้ายบทในแต่ละชุดปฏิบัติการ

3.5.2.4 นำบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบพิจารณา ความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ แล้วปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้

3.5.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.3.1 ศึกษาเอกสาร เนื้อหาสาระ มาตรฐานการศึกษา ตัวชี้วัด และวัตถุประสงค์การเรียนรู้วิชากลศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ

3.5.3.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิธีสร้างแบบทดสอบจากหนังสือการวัดผลการศึกษาและเทคนิคการเขียนข้อสอบของสมนึก ภัททิยธานี (2549) และการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2545)

3.5.3.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับตารางวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และเกณฑ์การพิจารณาระดับความรู้

3.5.3.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ว่าข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับเกณฑ์การพิจารณาระดับความรู้และการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัดหรือไม่ ความเหมาะสมของเวลา ความเหมาะสมของคำถามและตัวเลือก บันทึกผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายข้อ

3.5.3.5 นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ

3.5.3.6 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ถึง +1 ค่าความยากง่าย .20 ถึง .80 ข้อสอบข้อใดไม่อยู่ในเกณฑ์นำไปแก้ไขปรับปรุงใหม่แล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณา คัดให้เหลือเฉพาะข้อที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 25 ข้อ โดยช่วงมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30 – 0.75 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.30 – 0.70

3.5.3.7 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 25 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที นำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder–Richardson โดยมีค่าความเที่ยง (Reliability) = 0.94

3.5.3.8 นำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 แบบทดสอบที่ได้เป็นแบบทดสอบที่นำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.5.4 แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ วิชากลศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบประเมินด้วยการแจกแจงระดับการปฏิบัติ (Rubric) ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กัน 3 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความและลงข้อสรุป ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.4.1 ศึกษาเอกสารหลักการ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แล้วกำหนดแนวทางในการออกแบบประเมินทักษะปฏิบัติการ

3.5.4.2 สร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ประเมินทักษะการทดลอง โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมิน 3 ขั้นตอน คือการวางแผนวิธีดำเนินการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกการทดลอง

ส่วนที่ 2 ประเมินทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินจากรายงานผลการทดลอง

ส่วนที่ 3 ประเมินทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปโดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินจากรายงานผลการทดลอง

ซึ่งเป็นตัวสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาได้จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ค่าเฉลี่ยที่ได้ส่วนใหญ่มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง จึงกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็นช่วง ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 อยู่ในเกณฑ์ดีมากหรือทักษะปฏิบัติดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 อยู่ในเกณฑ์ดีหรือทักษะปฏิบัติดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 อยู่ในเกณฑ์ปานกลางหรือทักษะปฏิบัติดีปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 อยู่ในเกณฑ์พอใช้หรือทักษะปฏิบัติพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุงหรือทักษะปฏิบัติปรับปรุง

3.5.4.3 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยแบบประเมินได้ผ่านการหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

3.5.4.4 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.5.5 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดปฏิบัติการ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT วิชากลศาสตร์เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบให้คะแนนเป็นระดับตามความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.5.1 ศึกษาเอกสารหลักการ ทฤษฎีทางจิตวิทยาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ แล้วกำหนดแนวทางในการออกแบบวัดความพึงพอใจ

3.5.5.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือด้านสาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งเป็นตัวสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาได้จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552) ค่าเฉลี่ยที่ได้ส่วนใหญ่มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง จึงกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็นช่วง ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุดหรือพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 อยู่ในเกณฑ์มากหรือพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 อยู่ในเกณฑ์ปานกลางหรือพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 อยู่ในเกณฑ์น้อยหรือพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุดหรือพึงพอใจน้อยที่สุด

3.5.5.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5.5.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองและได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหารสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 นักเรียนจำนวน 23 คน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.6.1 ทดสอบก่อนเรียน (pre-test) ก่อนทำการสอนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา กลศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ จำนวน 25 ข้อ

3.6.2 ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนออกตามระดับความสามารถโดย อาศัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาคเรียนที่ผ่านมาจัดกลุ่มนักเรียนโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ 4 แผน โดยใช้ชุดปฏิบัติการ ตั้งแต่ชุดปฏิบัติการที่ 1-5 เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

3.6.3 กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน (post-test) ด้วยแบบทดสอบฉบับเดิมประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้การใช้ชุด Air Track ในการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT

3.6.4 วิเคราะห์ข้อมูลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ t-test dependent โดยทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียนโดยใช้ Normalized gain โดยการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผลการเรียนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain) หลังจากการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft office Excel ดังนี้

3.7.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LTโดยหาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะระหว่างเรียน กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยคิดเป็นร้อยละแล้วนำผลมาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

3.7.2 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ t-test แบบ dependent

3.7.3 วิเคราะห์ประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้ normalized gain

3.7.4 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนโดยใช้ ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.8.1 หาสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.8.1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean)โดยใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย

$\sum fx$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

3.8.1.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum fx$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

$\sum fx^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนยกกำลังสองทั้งหมด

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

3.8.1.3 ค่าร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{ตัวเลขที่ต้องการเปรียบเทียบ} \times 100}{\text{จำนวนเต็มของสิ่งนั้น}}$$

3.8.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT รายวิชากลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.8.2.1 หาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2 ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

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

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบย่อย

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการประเมินหลังเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบย่อย

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

3.8.2.2 วิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้สูตร E.I (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$\text{หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

3.8.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ คือค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรเช่นเดียวแบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อน ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐานแบบ Dependent samples test ส่วนความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐานแบบ Independent samples test โดยใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน ยกกำลังสอง

$\left(\sum D\right)^2$ แทน ยกกำลังสอง ของ ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.8.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนและความก้าวหน้าทางทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Average normalized gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง

(Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum possible gain) กำหนดระดับของความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average normalized gain เป็น 3 ระดับคือ low gain ($\langle g \rangle \leq 0.3$), medium gain ($0.3 < \langle g \rangle < 0.7$) และ high gain ($\langle g \rangle \geq 0.7$) โดยใช้สูตรดังนี้ (Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = = \frac{\%\,post - \%\,pre}{100 - \%\,pre}$$

เมื่อ <g> แทน ค่า normalized gain

% post แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% pre แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

3.8.5 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้สูตรดังนี้

3.8.5.1 การหาความเที่ยง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการประเมินความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ จากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Item Objective Congruence) ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา หรือระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.8.5.2 การหาความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนคนตอบถูก

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

ระดับความยากง่าย (Difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.00 - 1.00 โดยการแปลความหมายมีรายละเอียดดังนี้

ค่าความยากง่าย	การแปลความหมาย
0.81 - 1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 - 0.59	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)
0.20 - 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0 - 0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

โดยงานวิจัยนี้มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30 – 0.75 ดังแสดงในภาคผนวก ช

3.8.5.3 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตรของ Brennan ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545)

$$r = \frac{R_u - R_l}{N}$$

เมื่อ r แทน อำนาจจำแนก

R_U แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก (กลุ่มสูงใช้ประมาณร้อยละ 25 ของนักเรียนทั้งหมด)

R_l แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก (กลุ่มต่ำใช้ประมาณร้อยละ 25ของนักเรียนทั้งหมด)

N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำที่เท่ากัน

ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.00 - 1.00 โดยการแปลความหมายมีรายละเอียดดังนี้

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.00 – 0.19	จำแนกกลุ่มสูง กลุ่มต่ำได้น้อยไม่ควรนำมาใช้วัด
0.20 – 0.49	จำแนกใช้ได้อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์
0.50 – 0.99	จำแนกได้ค่อนข้างสูงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี
1.00	จำแนกกลุ่มสูง กลุ่มต่ำได้อย่างสมบูรณ์มีคุณภาพดี

โดยงานวิจัยครั้งนี้มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.30 - 0.70 ดังแสดงในภาคผนวก ช

3.8.5.4 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

k แทน จำนวนข้อแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ (R/N เมื่อ R แทนจำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นและ N แทนจำนวนผู้เข้าประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ = 1 - P

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

โดยในงานวิจัยนี้มีค่าความเที่ยง (Reliability) = 0.94 ดังแสดงในภาคผนวก ช

3.8.5.5 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจ โดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item Total Correlation) โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเปีร์ยสัน ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

$$r_{XY} = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[N\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

เมื่อ r_{XY} แทน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนชุด X กับ ชุด Y

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X

$\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X และ Y คูณกันแต่ละคู่

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

โดยงานวิจัยครั้งนี้มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.79 - 0.95 ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

3.7.4.6 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยใช้สูตร ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} = \left\{1 - \frac{\sum S_i^{\,2}}{S_t^{\,2}}\right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_i^{\,2}$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

$S_t^{\,2}$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

โดยในงานวิจัยนี้มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) = 0.987 ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 3 การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ

จำนวนนักเรียน 23 คน	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้					รวม	Pre-test	post-test
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4				
	10	10	10	5	5	40	25	25
$\bar{X}$	9.04	8.65	8.74	4.43	4.35	35.22	10.35	21.70
SD	0.77	0.65	0.69	0.51	0.49	1.54	3.50	2.29
ร้อยละ	90.43	86.52	87.39	88.70	86.96	88.04	41.40	86.80

จากตารางที่ 4.1 พบว่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 88.04/86.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยที่ค่า 88.04 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดระหว่างเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และค่า 86.80 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หาได้จากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ และเมื่อนำมาหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I) ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 0.7745 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนเพิ่มจากก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 77.45

4.2.2 ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ การวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติที (t-test) ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 23 คน โดยนำข้อมูลคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาทำการเปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	t	Sig.
ก่อนเรียน	23	25	10.35	41.40	3.50	34.35*	0.0000
หลังเรียน		25	21.70	86.80	2.29		

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, df = 22, t = 1.717

จากผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากกลุ่มตัวอย่าง 23 คน นำมาสรุปดังตารางที่ 4.2 ค่า t คำนวณได้มีค่า 34.35 มากกว่าค่า t วิกฤต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.717 และค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการใช้ชุดปฏิบัติการสามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนสร้างองค์ความรู้ที่เกิดจากการค้นพบด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอน อีกทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดความสำเร็จในการเรียนรู้

4.2.3 ตอนที่ 3 การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

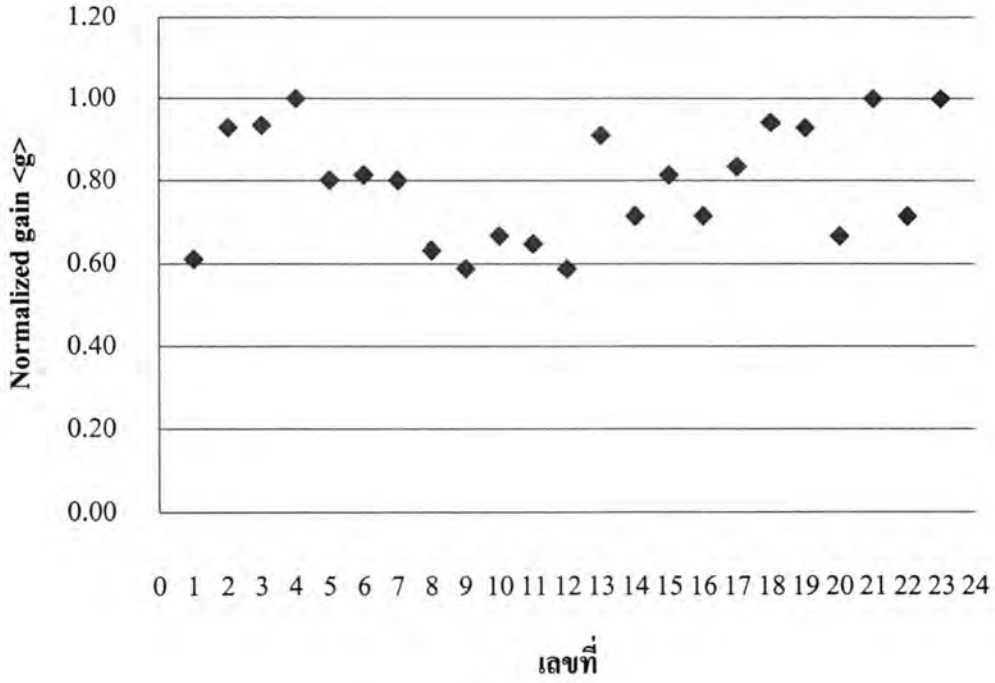
ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธี Normalized Gain, <g> เพื่อให้เห็นแนวโน้มของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา กลศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองในแต่ละหัวข้อ ซึ่งมีหัวข้อย่อย 5 เรื่อง คือ หัวข้อที่ 1 เรื่องโมเมนตัม หัวข้อที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล หัวข้อที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น หัวข้อที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น และหัวข้อที่ 5 เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ จึงได้การเปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละหัวข้อ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย (average normalized gain; <<g>>) ของนักเรียนจำแนกตามหัวข้อย่อย

หัวข้อ	Pre-test (%)	Post-test (%)	Actual gain (%post – %pre)	Maximum possible gain (100 – %pre)	Normalize gain $\frac{(\%\text{post} - \%\text{pre})}{100 - \%\text{pre}}$
1	49.28	88.40	39.13	50.72	0.77 (high)
2	45.65	86.96	41.30	54.34	0.76 (high)
3	39.13	85.87	46.74	60.87	0.77 (high)
4	36.02	87.58	51.55	63.97	0.81 (high)
5	46.38	85.51	39.13	53.62	0.73 (high)
ค่าเฉลี่ย	**43.29**	**86.86**	**43.57**	**56.71**	**0.77 (high)**

จากตารางที่ 4.3 พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียน ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธี Normalized Gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum Possible Gain) อยู่ในระดับสูง (high gain) คือ มีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยทางการเรียน (Average Normalized Gain, <<g>>) เท่ากับ 0.77 เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตามหัวข้อย่อย พบว่าค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในช่วง 0.73 – 0.81 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (high gain) โดยหัวข้อที่ 4 มีความก้าวหน้าสูงสุดคือมีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าเท่ากับ 0.81 ส่วนหัวข้อที่มีความก้าวหน้าน้อยที่สด คือหัวข้อที่ 5 โดยมีค่าเท่ากับ 0.73

และจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน pre-test / post-test ของกลุ่มตัวอย่างแบบรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง (high gain) 15 คน คิดเป็นร้อยละ 65.22 และระดับกลาง (medium gain) 8 คน คิดเป็นร้อยละ 34.78 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ (low gain)

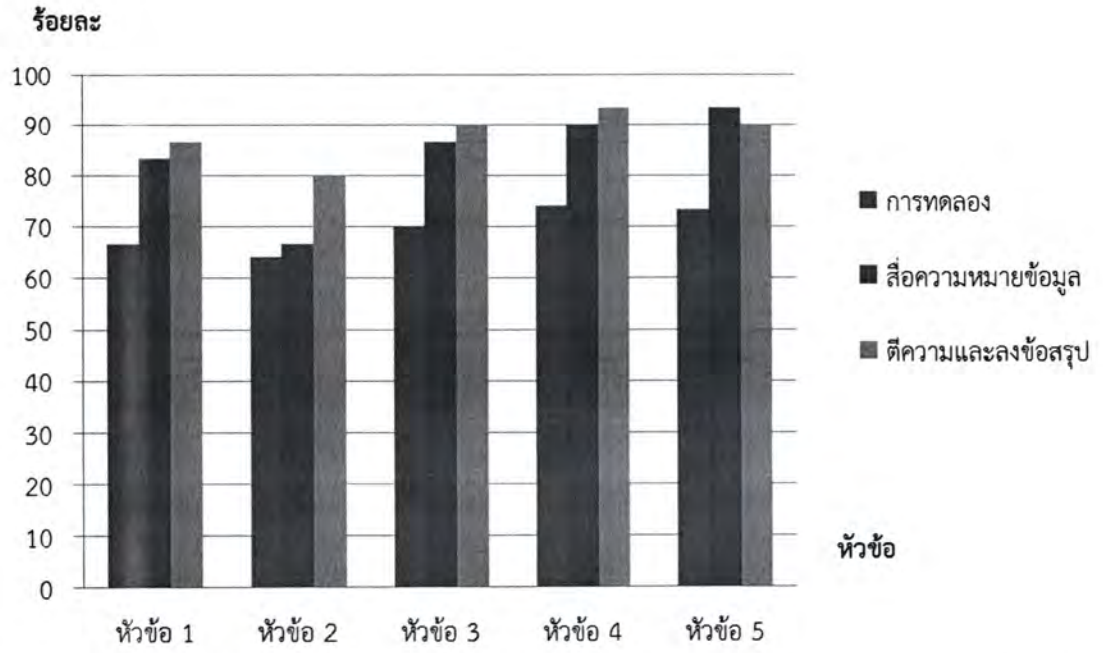


ภาพที่ 4.1 normalized gain <g> ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ แยกเป็นรายบุคคล

4.2.3 ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง (Experimenting) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือการวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Communication) และทักษะการตีความและลงข้อสรุป (Interpreting)

เพื่อให้เห็นแนวโน้มของการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ในแต่ละหัวข้อย่อย จึงมีการเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อย่อยเป็นรายทักษะ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อย่อยเป็นรายทักษะของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

จากภาพที่ 4.2 เมื่อนำมาพิจารณาระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยแยกตามรายทักษะการประเมินหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงให้เห็น ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายทักษะหลังเรียนของนักเรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	$\bar{X}$	ร้อยละ	ทักษะปฏิบัติระดับ
1. ทักษะการทดลอง	3.48	69.67	ปานกลาง
2. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	4.20	84.00	ดี
3. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	4.40	88.00	ดี
รวมเฉลี่ย	**4.03**	**80.56**	**ดี**

จากตารางที่ 4.4 พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 80.56 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าทักษะ 2 ทักษะ

คือทักษะการตีความ ลงข้อสรุปและทักษะการจัดกระทำข้อมูล สื่อความหมายข้อมูลของนักเรียนอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 88.00 และ 84.00 ตามลำดับ ส่วนทักษะการทดลองอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 69.67 ซึ่งจะเห็นว่าทักษะการทดลองของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าทุกทักษะ อาจเกิดจากทักษะการทดลองเป็นทักษะที่ต้องอาศัยการวางแผนการทดลองอย่างรัดกุม ต้องการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองให้ชัดเจน ช่วยเหลือเกื้อกูลกันในกลุ่ม อีกทั้งนักเรียนต้องมีความชำนาญและคล่องแคล่วในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทดลองอย่างมากเพื่อให้เหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้ จึงจะมีทักษะปฏิบัติในระดับที่สูงขึ้น

4.2.4 ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ ที่ได้รับการสอนโดยการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ ที่ได้รับการสอนโดยการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT โดยมีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลรายงานการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

รายการประเมิน	$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านสาระการเรียนรู้	4.01	80.18	0.47	มาก
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	3.94	78.78	0.46	มาก
3. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้	4.47	89.39	0.48	มาก
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3.78	75.65	0.49	มาก
รวมเฉลี่ย	**4.05**	**81.00**	**0.47**	**มาก**

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT สำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นั้น โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.05) คิดเป็นร้อยละ 81.18 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านนักเรียนมีความพึงพอใจ

อยู่ในระดับมากทุกรายการ รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงที่สุด 3 อันดับ คือ ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.47) คิดเป็นร้อยละ 89.39 ซึ่งสื่อการสอนดึงดูดความสนใจทำให้นักเรียนสนุกในการเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม จึงส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่าย รวดเร็วขึ้น รองลงมาคือด้านสาระการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.01) คิดเป็นร้อยละ 80.18 โดยที่เนื้อหามีความน่าสนใจ เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน และอันดับที่ 3 คือด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 3.94) คิดเป็นร้อยละ 78.78 เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน เกิดความสำเร็จในการทำงาน มีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจนง่ายต่อการเรียนรู้ อีกทั้งช่วยให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ด้วยตนเอง จึงส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

นอกจากนี้ข้อมูลที่เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สรุปได้ดังนี้ นักเรียนมีความสนุกสนานและตื่นเต้นในการปฏิบัติกิจกรรม ไม่เบื่อหน่ายในการเรียนเพราะได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริงได้ข้อมูลที่แม่นยำ ทำให้เกิดองค์ความรู้เข้าใจเรื่องโมเมนตัมและการชนมากขึ้น ซึ่งนักเรียนเสนอแนะให้เพิ่มเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มากขึ้น เนื่องจากการในการศึกษากิจกรรมการทดลองแต่ละเรื่องถูกจำกัดด้วยเวลาทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้การทำกิจกรรมได้ไม่เต็มที่

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT สำหรับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ โดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

ผลการวิจัย พบว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.04/86.80 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I) ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 0.7745 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัณตภณ พลยางนอก (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้วิธีการสอนแบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 88.67/86.50 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้และค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.7759 ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 77.59 และสอดคล้องงานวิจัยของพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) พัฒนาชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสารทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน พบว่าชุดปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 81.19/80.33

การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ อาจเนื่องจากว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน เหมาะสมกับ

ความสามารถและความสนใจของนักเรียนซึ่งง่ายต่อการเข้าใจ รวมทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงทุกขั้นตอน มีอุปกรณ์ในการทดลองที่ดึงดูดความสนใจ ทำให้นักเรียนกระตือรือร้นทำกิจกรรมตลอดเวลา และเกิดการเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่ม จะช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม สามารถแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้าด้วยตนเองและกลุ่ม จึงเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ จึงทำให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าและพัฒนาการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปจัดการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

5.1.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

ผลการวิจัย พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒน์ วรสิทธิ์ (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการสร้างชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และณัฏฐณิชา โพธิ์งาม (2552) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงด้วยการทดลองด้วยชุดปฏิบัติการอิเล็คทรอนิกส์เบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ อาจเนื่องจากการเรียนการสอนโดยการลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนโดยให้นักเรียนได้ศึกษาจากการทดลองมีโอกาสได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริง ได้ฝึกการคิด และปฏิบัติ ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ทำให้เข้าใจข้อเท็จจริงในเนื้อหาอย่างแท้จริงในรูปของการเกิด Concept เข้าใจหลักการสำคัญ และอุปกรณ์ที่ใช้มีความแม่นยำในข้อมูล เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลง่ายต่อการทำความเข้าใจกับทฤษฎี ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างแท้จริงโดยไม่ต้องอาศัยการท่องจำจากตำราเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bredderman (1982) และ Frederick Stem and others (2006) จึงทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องโมเมนตัมและการชนมากขึ้น อีกทั้งในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เน้นส่งเสริมการร่วมมือภายในกลุ่ม ด้วยเทคนิค LT ซึ่งสมาชิกทุกคนต่างมีบทบาทและหน้าที่เพื่อช่วยให้กลุ่มประสบผลสำเร็จ เป็นแรงจูงใจอย่างหนึ่งทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น และการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค LT มีการเสริมแรงให้นักเรียนทั้งกลุ่ม นักเรียนได้รับความเอาใจใส่และมีความสนใจมากขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

สอดคล้องกับผลวิจัยของ ลัดดา ตระกูลรัมย์ (2553 : บทคัดย่อ) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน โดยวิธีการสร้างผลสัมฤทธิ์ของทีม พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพัชรินทร์ จันทร์หัวโทน (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และสอดคล้องกับบาร์รอน (Baron, 1993 : Abtract)ที่ได้ศึกษาความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำงานเป็นทีม พบว่าการทำงานเป็นทีมจะทำให้การดำเนินงานสำเร็จเป็นที่เชื่อถือได้แตกต่างกับการทำงานคนเดียว

5.1.3 การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธี average normalized gain, <<g>> มีการพัฒนาผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.77 ซึ่งถือว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า หัวข้อที่ 5 เรื่องการดีดตัวใน 1 มิติ ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับต่ำสุด (0.73) ทั้งนี้อาจเนื่องจากความสอดคล้องของเวลากับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายตอนในแผนการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญและการสร้างความคิดรวบยอดของสิ่งที่ได้เรียนรู้ไม่เต็มที่และหัวข้อที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล มีผลการประเมินความก้าวหน้าต่ำ (0.76) รองลงมาอาจเนื่องจากว่ากิจกรรมนี้ค่อนข้างซับซ้อน นักเรียนในกลุ่มต้องร่วมกันแก้ปัญหา ปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสมอยู่ตลอด ส่วนหัวข้อที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด (0.81) อาจเนื่องจากในส่วนการทดลองนักเรียนมีความชำนาญในการใช้ชุด Air Track ในปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น แล้วทำให้ปฏิบัติการทดลองได้คล่องแคล่วขึ้น สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้น นักเรียนมีเวลาในการทบทวนกิจกรรมบางขั้นตอนมากขึ้น สามารถสรุปสาระสำคัญและการสร้างความคิดรวบยอดของสิ่งที่ได้เรียนรู้เต็มที่จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้สูงกว่าหัวข้ออื่น

5.1.3 ผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ทักษะ คือทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำข้อมูลสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการตีความลงข้อสรุป พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการตีความและลงข้อสรุปสูงกว่าทุกทักษะ อยู่ในระดับดี รองลงมาคือทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับดี ส่วนทักษะการทดลองอยู่ในระดับปาน

กลาง ซึ่งจะเห็นว่าทักษะการทดลองของนักเรียน อยู่ในระดับต่ำกว่าทุกทักษะ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของอุทัย แข็งกลาง (2547 : บทคัดย่อ) ที่แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เจตคติต่อวิชาและผู้สอน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และสอดคล้องกับ ภพ เลาไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงความสำคัญของปฏิบัติการทดลองไว้ว่า ปฏิบัติการทดลองเป็นสิ่งสำคัญทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์จะเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการ ทฤษฎีได้ถูกต้อง การลงมือปฏิบัติจริง ใช้สื่อจริง ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดแก้ปัญหาจากประสบการณ์ตรงด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง ในครั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ฝึกหัดนักเรียนรู้จักการเรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออก แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ซึ่งการปฏิสัมพันธ์ที่ดีภายภายในกลุ่มนั้น จะนำมาซึ่งความสำเร็จของการเรียนรู้ที่ช่วยฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ในหัวข้อที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าทุกหัวข้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำกิจกรรมในชุดนี้ต้องอาศัยทักษะทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณมีความรอบคอบและมีการพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเกิดการเปลี่ยนโมเมนตัม ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการพิจารณา จึงอาจเป็นสาเหตุให้ผลการประเมินต่ำกว่าหัวข้ออื่นๆ และหัวข้อที่ 1 เรื่องโมเมนตัมมีผลการประเมินต่ำรองลงมา อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังสับสนในขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่ถูกวิธี การใช้วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ยังไม่คล่องแคล่ว ส่วนหัวข้อที่ 4 เรื่องการชนแบบไม่ยืดหยุ่น มีผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้านสูงกว่าทุกหัวข้อ อาจเป็นการสืบเนื่องมาจากหัวข้อที่ 3 เรื่องการชนแบบยืดหยุ่น ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สัมพันธ์กัน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในขั้นตอนการทดลองมากขึ้นจึงปฏิบัติการทดลองได้ดีกว่าทุกหัวข้อ

5.1.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองเรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT นั้นมีค่าเฉลี่ยร้อยละความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่ 4.05 จากแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกิจรรมที่มีเนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะทางสังคม นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม มีบทบาทหน้าที่ที่รับผิดชอบในการทำงานและมีส่วนช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งการช่วยเหลือเกื้อกูลกันจะก่อให้เกิดความเข้าใจซึ่งกันและกัน เข้าใจแก้ปัญหาและร่วมกันแก้ปัญหา จึงเป็นกิจกรรมที่

สามารถพัฒนานักเรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฐิรนันท์ มณีรัตน์ (2553 : บทคัดย่อ) และโฆษิต จัตุรัสวัฒนากุล (2543 : บทคัดย่อ) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนสูงขึ้น ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม เช่น การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อการ การนำเสนอ และมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติ เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอุมา ลามุล (2544) และไวน์ (White, 1999 : Abtract) พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนจากปฏิบัติกิจกรรมทำให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียน นักเรียนได้ความร่วมมือและแสดงความคิดในการทำงานกลุ่ม จึงส่งผลให้สนุกกับการเรียน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.2.1.1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติที่นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเองในขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมครูต้องคอยดูแลให้คำปรึกษา และเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จครูต้องตรวจผลงานและแจ้งผลให้นักเรียนทราบทันทีเพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบทันที นักเรียนจะได้เข้าใจถูกต้องไม่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนติดไปด้วย และเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อื่นต่อไป

5.2.1.2 การปฏิบัติการทดลองเพื่อฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ จะส่งผลดีเมื่อผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความถนัดและสนใจของแต่ละคน ผู้สอนควรสร้างบรรยากาศห้องเรียนให้มีความสนุกสนานและสอดคล้องกับลักษณะการเรียนของผู้เรียน

5.2.1.3 การปฏิบัติการทดลองเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ครูสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการสอนซ่อมเสริมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในกิจกรรมชุมนุม กิจกรรมซ่อมเสริม เพื่อสร้างความสนใจช่วยให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

5.2.2.1 ควรมีการศึกษารูปแบบการสอน เทคนิคการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆ และมีการเปรียบเทียบการสอนที่ใช้ชุดปฏิบัติการกับเทคนิคการจัดการเรียนการสอน

ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดแก่นักเรียน

5.2.2.2 ควรพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเปิดกว้าง ซึ่งนักเรียนนั้นเป็นผู้กำหนดปัญหา การทดลองและสรุปผลด้วยตนเอง นั่นคือดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

_____. การจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

กระทรวงศึกษาธิการ. การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2544.

_____. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

โฆษิต จัตุรัสวัฒนากุล. การเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสอนเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

ชูจิต สาระภาค. ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

ฐิรนันท์ มณีรัตน์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์การจัดการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.

ณัฏฐณิชา โพธิ์งาม. การจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการทดลองเรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2552.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. ครั้งที่ 10. นนทบุรี : เอส อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์, 2552.

บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2535.

_____. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2543.

_____. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2545.

ประวิตร ชูศิลป์. หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่. กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยนิเทศ กรมฝึกหัดครู, 2534. (เอกสารนิเทศการศึกษา)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชนจำกัด, 2527.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. เทคนิคและการสอนอาชีวศึกษา. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี, 2544.

พัชรินทร์ จันทร์หัวโทน. การศึกษาผลการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาสาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2544.

ภพ เลาหไพบูลย์. การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมเมอร์เซียล, 2537.

_____. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิชจำกัด, 2542.

ราชบัณฑิตยสถาน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด, 2542.

ลัดดา ตระกูลรัมย์. การพัฒนาชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนโดยวิธีการสร้างผลสัมฤทธิ์ของทีม เรื่อง โมเมนตัมและการชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

วิชุลดา ราชหงส์ และสมบูรณ์ พินธุรักษ์. "การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5", วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 9(1) : 97-104 ; มิถุนายน, 2555.

สมจิต สวธนไพบูลย์. การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2535.

สมนึก ภัททิยธนี. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์, 2545.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. มหาสารคาม : ภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2551.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สราวุธ ทองปัน. การสร้างชุดฝึกปฏิบัติการเรื่องการเก็บตัวอย่างพืชและสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2541.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. เอกสารคำสอนวิชา ปถ 421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.

สุวัฒก์ นิยมค้า. ทฤษฎีและการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์, 2531.

สุวัฒน์ วรสิทธิ์. การสร้างชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2540.

สุวิทย์ มูลคำ. กลยุทธ์การสอนคิดแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์, 2547.

ไสว ฟักขาว. การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอมพันธ์จำกัด, 2547.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน. กรุงเทพฯ : สถาบันวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551.

อรอุมา ลามุล. การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2544.

อุทัย แข็งกลาง. ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, 2547.

อุทัยวรรณ บริสุทธิ์สุวรรณ์. การพัฒนาชุดฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2541.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Barron, B.J. "Collaborative Problem Solving is Team Performance Greater than What is Expected From The Most Competent Member?", Dissertation Abstract International. 53(8): 4389-B, 1993.

Bredderman, T. "What research say : Activity science-the evidence show it matters", Science and Childen. 20(1): 39-41, 1982.

David W. Johnson, Roger T. "Marking cooperative lerning Work", Theory Intropractices. 38(2): 42-72; November, 1999.

Frederick, S. and et al. "Hand-on CFC Educational Interface for Engineering Courses and Laboratories", Journal of Engineering Education. 28(6): 63-83, 2006.

Hake R. "Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand survey of mechanics test data for introductory physics courses", The American Journal of Physics. 66(1): 64-74, 1998.

Johnson, David W, Roger T. "Marking cooperative lerning Work", Theory Intropractices. 38(2): 42-72; November, 1999.

Mattheis, F.E. and Nakayama, G. "Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skill, science process skills, and understanding of science knowledge in middle grades student", ERIC Document Reproduction Service. 10(3): 28-30, 1988.

Neal, David N. "The Effect of Grouqing in the Chemistry Laboratory on Student Achievement and Skill", Dissertation Abstracts International. 30: 3815-A; March –April, 1969.

Romey. W.D. Inquiry techniques for teaching science. New Jersey: Prentice-Hall, 1968.

Saunders, W.L. and Shepardson, D. "A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students", ERIC Document Reproduction Service. 6(7): 34-40, 1984.

Slavin, N.A. and Slevens, R.J. "Cooperative Learning Models for The 3 R's", Educational Leadership. 47(5): 3-4, 1995.

St. John Harry. "Thinking Like a physicist: New Goal and Methods for the introduction Laboratory", Dissertion Abstacts International. 40(1): 181-A; July, 1979.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

White, M.F. "A Product Evaluation of Science-A Process Approach", Dissertion Abstract. 32(1): 3582-A; January, 1999.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลองร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชากลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30201 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง โมเมนตัม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เวลา 1 ชั่วโมง

---

1. สาระสำคัญ

โมเมนตัม (Momentum) คือ ปริมาณบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศตามทิศของความเร็ว หาขนาดของโมเมนตัมของวัตถุได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว

$\bar{p} = m\bar{v}$ โมเมนตัมมีหน่วย กิโลกรัมเมตรต่อวินาที

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายและบอกความหมายของโมเมนตัมได้
2. อธิบายได้ว่า แรงกระทำต่อวัตถุทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. ทำการทดลองและคำนวณหาค่าโมเมนตัมของวัตถุได้เมื่อกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ใฝ่เรียนรู้
2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของโมเมนตัมได้
2. บอกได้ว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนตัม และหาค่าของโมเมนตัมของวัตถุได้ เมื่อกำหนดมวล และความเร็วของวัตถุให้
3. บอกได้ว่า โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับทิศของความเร็ว
4. หาค่าของโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปได้
5. มีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4. สาระการเรียนรู้

- โมเมนตัม (Momentum)
- โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ

5.1.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4 คนโดยในกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนที่ได้คะแนนในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ คละกันภายในกลุ่ม

5.1.2 ให้นักเรียนภายในกลุ่มแต่ละคู่ปล่อยถุงทราย ตามสถานการณ์ดังนี้

- สถานการณ์ที่ 1 ปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันตกจากที่สูงต่างกัน (โดยปล่อยถุงทรายตกลงมาที่ระดับความสูงต่างกัน แล้วให้นักเรียนอีกคนหนึ่งใช้มือรับถุงทรายที่ตกลงมาให้หยุดนิ่ง โดยพยายามไม่ให้เคลื่อนที่ ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระดับความสูง ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงรับถุงทราย เพื่อไม่ให้ถุงทรายเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง)

- สถานการณ์ที่ 2 ปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกันจากระดับเดียวกัน (โดยปล่อยถุงทรายที่ระดับความสูงเดียวกัน แล้วให้นักเรียนอีกคนหนึ่งใช้มือรับถุงทรายที่ตกลงมาให้หยุดนิ่ง โดยพยายามไม่ให้เคลื่อนที่ ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นถุงทราย 2 ถุงมัดติดกัน ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงรับถุงทราย เพื่อไม่ให้ถุงทรายเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง)

5.1.3 ครูตั้งคำถามโดยให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

- เมื่อปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันตกจากที่สูงต่างกันถุงทรายจะมีความเร็วขณะกระทบมือ และแรงที่ใช้ในการรับถุงทรายจะเป็นอย่างไร (ถุงทรายที่ปล่อยจากระดับสูงกว่าจะมีความเร็วมากกว่าขณะกระทบมือ และแรงที่ใช้รับถุงทรายจากระดับสูงกว่ามีค่ามากกว่าด้วย)

- เมื่อปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกันจากระดับเดียวกัน ถุงทรายจะมีความเร็วขณะกระทบมือและแรงที่ใช้ในการรับถุงทรายจะเป็นอย่างไร (ถุงทรายจะมีความเร็วเท่ากัน และแรงที่ใช้ในการรับถุงทรายที่มีมวลมากจะมีค่ามากกว่าแรงที่ใช้รับถุงทรายที่มีมวลน้อย)

5.1.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปถึงปริมาณที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ใช้บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ นั่นคือโมเมนตัม พบว่า วัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออกแรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย ซึ่งค่าโมมเนนตัมจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุนั่นเอง ถ้าเราอยากทราบว่า มวลและความเร็วของวัตถุมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จะได้ศึกษาต่อไป

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

5.2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและมวลในการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมโดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรมบันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลองตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติพร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนดเพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม

5.2.2 ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้ร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลอง ลงข้อสรุป และทำความเข้าใจกับผลงานที่ได้ร่วมกัน เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ ส่งผลงานของทุกกลุ่มที่ครู

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5.3.1 สุ่มตัวแทนนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

5.3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลการทดลอง และอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

5.4 ขั้นขยายความรู้

5.4.1 ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแนะวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม ให้นักเรียนจดบันทึกลงในสมุดบันทึกของตนเอง

5.4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

5.5 ขั้นประเมินผล

5.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 1 เรื่องโมเมนตัม

5.5.2 ครูตรวจรายงานผลการทดลอง และการนำเสนอผลงานจากแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม ประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

หมายเหตุ ทำการเก็บข้อมูล จากสมุดบันทึกผลการทดลอง และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม ในรายวิชากลศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เก็บข้อมูลโดย

1) นางสาวจิรพรรณทิพย์ โทนุวงศ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

2) นางสาวจรัญญา บัวใหญ่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

6. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุอุปกรณ์ / สื่อการเรียนรู้

1. ถุงทราย
2. ปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม
3. Power point
4. เอกสารประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2

6.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ข้อมูลอินเตอร์เน็ต

7. การวัดและการประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	- การตอบคำถาม - การทำรายงานการทดลอง - การทำแบบทดสอบ	- กิจกรรม เรื่อง ถุงทราย - รายงานการทดลอง - แบบทดสอบที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านจิตทยาศาสตร์ (A)	- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม - แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- การปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินทักษะปฏิบัติการ	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

8.1 ด้านการบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

8.2 ด้านความรู้

8.3 ด้านจิตวิทยาศาสตร์

8.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.5 ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้และแนวทางแก้ไข

8.6 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

แบบทดสอบที่ 1

เรื่อง โมเมนตัม

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปทางทิศตะวันออก

.....

.....

.....

2. ปล่อยวัตถุมวล 1 กิโลกรัม ลงแนวดิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร

.....

.....

.....

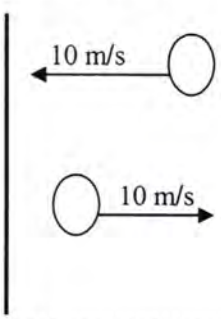
.....

.....

3. ขว้างลูกบอล 2 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับเข้าชนกำแพงในทิศตั้งฉากกับกำแพงแล้วสะท้อนกลับมาในแนวเดิมด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. โมเมนตัมก่อนชนกำแพง

ข. โมเมนตัมหลังชนกำแพง



.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยแบบทดสอบที่ 1
เรื่อง โมเมนตัม

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปทางทิศตะวันออก

<u>วิธีทำ</u> ความเร็ว $36\frac{\text{km}}{\text{hr}} = 60\times\frac{5}{18} = 10\ \text{m/s}$

จาก $\bar{\text{P}} = \text{m}\bar{\text{v}} = (1.5\times10^4)(10) = 1.5\times10^5\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$

2. ปล่อยวัตถุมวล 1 กิโลกรัม ลงแนวดิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ m = 1 kg , u = 0 m/s , t = 2 s , a = 10 m/s^2

ต้องการหา ΔP ต้องหา v ก่อน

จาก $v = u + at = 0 + (10)\times(2)$

$v = 20$ m/s

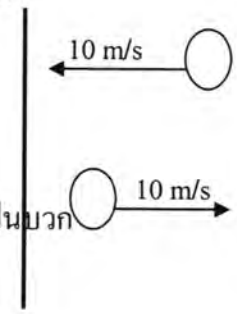
หา ΔP ; จาก $\Delta P = mv - mu$

$\Delta P = (1\times20) - (1\times0)$

$\Delta P = 20$ kg m/s

ดังนั้น โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป 20 กิโลกรัมเมตรต่อวินาที

3. ขว้างลูกบอล 2 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับเข้าชนกำแพงในทิศตั้งฉากกับกำแพงแล้วสะท้อนกลับมาในแนวเดิมด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงหา



ก. โมเมนตัมก่อนชนกำแพง

ข. โมเมนตัมหลังชนกำแพง

<u>วิธีทำ</u> วิเคราะห์โจทย์ 1. เขียนรูปแสดงการเคลื่อนที่ของลูกบอล

2. กำหนดทิศทางของ $\bar{u}$ และ $\bar{v}$ โดยให้ทิศทางของ $\bar{v}$ เป็นบวก

ก. โมเมนตัมก่อนชนกำแพง

จาก $\bar{\text{P}} = \text{m}\bar{\text{u}} = 2\times(-10)$

$\bar{\text{P}} = -20\ kg\cdot\frac{m}{s}$

ดังนั้น โมเมนตัมก่อนชนกำแพงเท่ากับ 20 $kg\cdot\frac{m}{s}$ ทิศเข้าหากำแพง

ข. โมเมนตัมหลังชนกำแพง

$$\text{จาก} \quad \vec{P} = m\bar{v} = 2\times(10)$$

$$\vec{P} = 20\ kg\cdot\frac{m}{s}$$

ดังนั้น โมเมนตัมหลังชนกำแพงเท่ากับ $20\ kg\cdot\frac{m}{s}$ ทิศออกจากกำแพง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชากลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30201 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การดลและแรงดล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เวลา 2 ชั่วโมง

---

1. สาระสำคัญ

การดล (Impulse) คือ การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ ที่มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป หาขนาดการดลได้จากผลคูณระหว่าง $\bar{F}$ และ Δt จากสมการ $\bar{I} = \bar{F}\Delta t = \Delta\bar{p} = m\bar{v} - m\bar{u}$ มีหน่วยเป็น kg. m/s หรือ N.s

แรงดล(Impulse Force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุช่วงเวลาสั้นๆ

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายและบอกความหมายของแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้
2. อธิบายได้ว่า แรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป
3. อธิบายได้ว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใดจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. คำนวณหาค่าแรงที่ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนแปลงไปได้
2. แสดงวิธีการคิดคำนวณหาค่าแรงที่ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบและขั้นตอน

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ใฝ่เรียนรู้
2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายได้ว่า แรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป
2. บอกได้ว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใดจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง
3. อธิบายได้ว่า แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือแรงที่ทำให้มีการเปลี่ยนโมเมนตัมขึ้นอยู่กับ มวล ความเร็ว และช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัมนั้น

4. บอกได้ว่า ผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล

5. แปลความหมายของกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุได้ว่า พื้นที่ใต้กราฟคือ ขนาดของการดล และสามารถหาค่าแรงดลเฉลี่ยได้จากกราฟนี้ด้วย

6. บอกได้ว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่า แรงดล หาค่าแรงดลจากสูตรที่กำหนดให้ โดยถือว่าเป็นแรงเฉลี่ย

7. คำนวณหาการดล และแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้

8. มีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4. สาระการเรียนรู้

- การดล
- แรงดล

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ

5.1.1 นักเรียนและครูร่วมกันสนทนาทบทวนเกี่ยวกับโมเมนตัม เมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำกับวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป

5.1.2 ให้นักเรียนสังเกตการสาธิตการปล่อยไข่มวลเท่ากันให้ตกลงบนฟองน้ำหนาๆ และปล่อยให้ตกบนพื้นแข็ง จากระดับความสูงเท่ากัน ถ้าต้องการให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงค่าหนึ่ง ขนาดของแรงกระทำจะเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่ออกแรงกระทำกับวัตถุหรือไม่อย่างไร

5.1.3 จากสถานการณ์การปล่อยไข่ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้

- ความเร็วของไข่ ขณะตกกระทบฟองน้ำกับพื้นแข็งต่างกันหรือไม่ อย่างไร (เท่ากัน เนื่องจาก ปล่อยที่ระดับความสูงเดียวกัน)
- ผลที่เกิดขึ้นเมื่อไข่ตกกระทบกับฟองน้ำกับตกกระทบพื้นแข็งต่างกันหรือไม่ อย่างไร (ไข่ที่ตกลงบนพื้นแข็งจะแตก ส่วนไข่ที่ตกลงบนฟองน้ำจะไม่แตก)

- โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของไข่ทั้งสองเมื่อตกลงบนฟองน้ำกับตกลงบนพื้นแข็งแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ถ้ามวลของไข่เท่ากัน (เท่ากัน)

- แรงที่ฟองน้ำกระทำกับไข่และแรงพื้นกระทำกับไข่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร (แรงที่ฟองน้ำกระทำกับไข่น้อยกว่าแรงพื้นแข็งกระทำกับไข่)

- ช่วงเวลาที่ไข่ใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัมขณะกระทบฟองน้ำจนหยุดนิ่งต่างกับช่วงเวลาที่ไข่กระทบพื้นแข็งแล้วหยุดนิ่งหรือไม่ อย่างไร (ช่วงเวลาที่ไข่เปลี่ยนโมเมนตัมขณะกระทบฟองน้ำจนหยุดนิ่งมากกว่าช่วงเวลาที่ไข่กระทบพื้นแข็ง)

5.1.4 จากสถานการณ์ การปล่อยไข่นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า แรงที่พื้นกระทำต่อไข่มีขนาดเท่าไร ถ้าเราอยากทราบว่าแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีขนาดเท่าไร นักเรียนจะมีวิธีการวัดค่าของแรงนั้นอย่างไร

5.2 ขั้นสำรวจ และค้นหา

5.2.1 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 4 คนแบบคละเก่ง ปานกลาง อ่อน พร้อมกำหนดหมายเลขประจำตัวสมาชิกแต่ละคนของกลุ่มเป็นสมาชิกหมายเลข 1 ถึง 4

5.2.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสำรวจตรวจสอบเพื่อศึกษาวิธีการหาค่าแรงที่กระทำกับวัตถุ ค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป และช่วงเวลาที่แรงกระทำกับวัตถุ โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในการทดลองที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

5.2.3 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองโดยพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรมการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

หากกลุ่มไหนมี 3 คน ให้แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบงานให้ครบถ้วน นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติพร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนดเพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม

5.2.4 ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้มาร่วมกันวิเคราะห์และสรุป อภิปรายในกลุ่มย่อย

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5.3.1 สุ่มตัวแทนนักเรียนจากกลุ่มต่างๆ โดยการจับฉลากทั้งหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิก ประมาณ 1-2 กลุ่ม นำเสนอผลงานการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

5.3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลการทดลอง และอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

5.4 ขั้นขยายความรู้

5.4.1 ครูอธิบายเพิ่มเติม ในกรณีหาค่าการดลจากผลคูณของแรง $\bar{F}$ กับช่วงเวลา Δt นั้นแรงที่ใช้ต้องคงตัว แต่ในการกระทบกันของวัตถุทั่วไป แรงมีขนาดไม่คงตัว ดังนั้นจึงต้องใช้แรงเฉลี่ยในการคำนวณ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการหาการดลสามารถหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ F - t

5.4.2 ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแนะวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องการดลและแรงดล และให้นักเรียนจดบันทึกลงในสมุดบันทึกของตนเอง

5.4.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่นนักกีฬากระโดดสูง การตีเทนนิส การรับส่งลูกบอล เป็นต้น แล้วชี้ให้นักเรียนเห็นว่าแรงที่วัตถุกระทำต่อกันในช่วงเวลาของการกระทบมีขนาดไม่คงตัว

5.5 ขั้นประเมินผล

5.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล

5.5.2 ครูตรวจรายงานผลการทดลอง และการนำเสนอผลงานจากแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม ประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

หมายเหตุ ทำการเก็บข้อมูล จากสมุดบันทึกผลการทดลอง และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม ในรายวิชากลศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เก็บข้อมูลโดย

1) นางสาวจิรพรรณทิพย์ โทนุวงศ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

2) นางสาวจรัญญา บัวใหญ่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

6. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุอุปกรณ์ / สื่อการเรียนรู้

1. ไข่ไก่ ,ฟองน้ำ
2. ปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล
3. Power point
4. เอกสารประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
6. คอมพิวเตอร์

6.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ข้อมูลทางอินเตอร์เนต

7. การวัดและการประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	- การตอบคำถาม - การทำรายงานการทดลอง - การทำแบบทดสอบ	- กิจกรรม เรื่อง การปล่อยไข่ - รายงานการทดลอง - แบบทดสอบที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านจิตทยาศาสตร์ (A)	- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม - แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- การปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินทักษะปฏิบัติการ	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

8.1 ด้านการบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

8.2 ด้านความรู้

8.3 ด้านจิตวิทยาศาสตร์

8.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.5 ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้และแนวทางแก้ไข

8.6 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

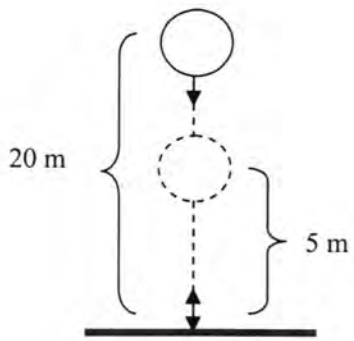
ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

แบบทดสอบที่ 2

เรื่อง การดลและแรงดล

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ในการทดลองปล่อยลูกบาสเกตบอลมวล 0.4 กิโลกรัม ลงในแนวดิ่งที่ความสูง 20 เมตรลงพื้นสนาม แล้วทำให้ลูกบาสเกตบอลกระเด้งกลับขึ้นมาในแนวดิ่งสูง 5 เมตร จากพื้น ดังรูป จงหาการดลที่กระทำกับวัตถุขณะกระทบพื้น



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1 ถ้าเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยจนหยุดเป็น 5 วินาที จงหาแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อลูกบอล

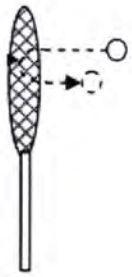
.....

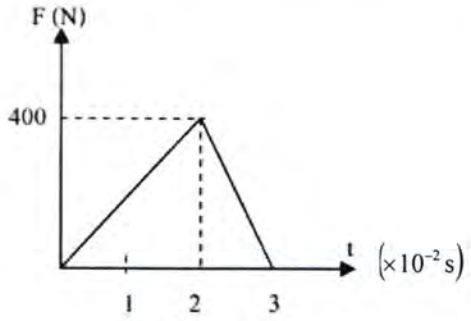
.....

.....

.....

3. ลูกเทนนิสมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที ในแนวระดับถูกสวนกลับด้วยไม้ กราฟระหว่างแรงกับเวลาขณะที่ไม้กระทบลูกเทนนิสแสดงดังรูป อยากทราบว่าอัตราเร็วของลูกเทนนิสหลังถูกตีเป็นเท่าไร





.....

.....

.....

.....

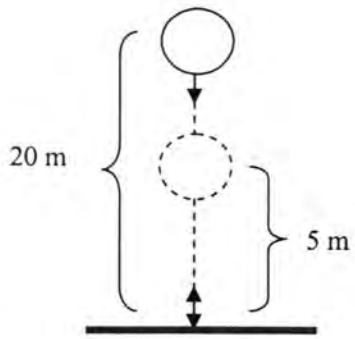
.....

.....

เฉลยแบบทดสอบที่ 2
เรื่อง การดลและแรงดล

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ในการทดลองปล่อยลูกบาสเกตบอลมวล 0.4 กิโลกรัม ลงในแนวดิ่งที่ความสูง 20 เมตรลงพื้นสนาม แล้วทำให้ลูกบาสเกตบอลกระเด้งกลับขึ้นมาในแนวดิ่งสูง 5 เมตร จากพื้น ดังรูป จงหาการดลที่กระทำกับวัตถุขณะกระทบพื้น



<u>วิธีทำ</u> วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ m = 0.4 kg ต้องการหา $\Delta P = m(v-u)$

- หา ความเร็วก่อนกระทบ ($u = v_1$) จาก $v_1^2 = u_1^2 + 2gh_1$
  ได้ ความเร็วก่อนกระทบ = 20 เมตร/วินาที
- หา ความเร็วหลังกระทบ ($v = u_2$) จาก $v_2^2 = u_2^2 + 2gh_2$
  ได้ ความเร็วหลังกระทบ = 10 เมตร/วินาที
- หา ΔP ; จาก $\Delta P = m(v-u)$

$$= 0.4(10-(-20))$$
$$= 12 \quad \text{kg m/s}$$

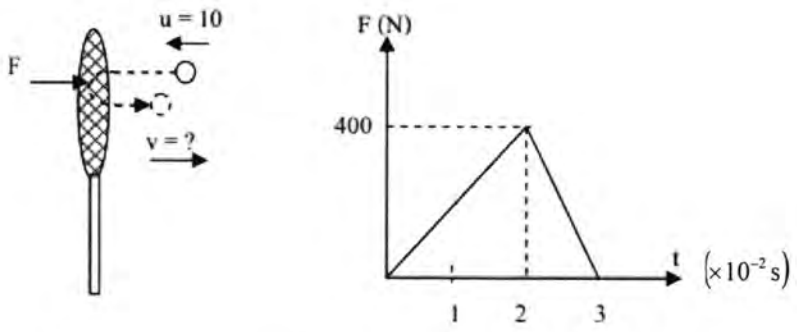
ดังนั้น โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 12 กิโลกรัมเมตรต่อวินาที มีทิศขึ้นในแนวดิ่ง

2. จากข้อ 1 ถ้าเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยจนหยุดเป็น 5 วินาที จงหาแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อลูกบอล

หา $\Sigma\bar{F}$ จาก $\Sigma\bar{F} = \frac{m\bar{v} - m\bar{u}}{\Delta t}$

- หาเวลาที่พื้นสัมผัสกับบอล (Δt) ; $\Delta t = 5 - (t_1 + t_2)$
- หา เวลาที่วัตถุตกลงพื้น (t_1) จาก $v_1 = u_1 + gt_1$ ได้ $t_1 = 2$ วินาที
- หา เวลาที่วัตถุกระดอนจากพื้น (t_2) จาก $v_2 = u_2 + g\,t_2$ ได้ $t_2 = 1$ วินาที
- ถ้าเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยจนหยุดเป็น 2 วินาที ดังนั้น $\Delta t = 5 - (t_1 + t_2) = 2$ วินาที
- แทนค่าในสมการ จะได้ $\Sigma\bar{F} = 6$ N

3. ลูกเทนนิสมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที ในแนวระดับถูกสวนกลับด้วยไม้ กราฟระหว่างแรงกับเวลาขณะที่ไม้กระทบลูกเทนนิสแสดงดังรูป อยากทราบว่าอัตราเร็วของลูกเทนนิสหลังถูกตีเป็นเท่าไร



<u>วิธีทำ</u> จาก $\Sigma F \cdot \Delta t = m(v - u)$

เมื่อ $\Sigma F \cdot \Delta t$ คือพื้นที่ใต้กราฟ จะได้ว่า

พื้นที่ใต้กราฟ $= m(v - u)$

$$\left(\frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-2} \times 400\right) = 0.2(v - (-10))$$

$v = 20$ เมตรต่อวินาที

ดังนั้น อัตราเร็วของลูกเทนนิสหลังถูกตีเท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชากลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30201 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เวลา 2 ชั่วโมง

---

1. สาระสำคัญ

การชนใน 1 มิติ (One Dimension Collision) คือ การชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน แนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชนจะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนเท่านั้น ถ้าแรงลัพธ์ภายนอกที่กระทำกับระบบมีค่าเป็นศูนย์ ($\sum \bar{F} = 0$) แล้ว ผลรวมของโมเมนตัมของระบบ จะมีค่าคงตัวเสมอ และผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบเสมอ

การชนของวัตถุจัดได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ เมื่อพิจารณาที่พลังงานจลน์ คือ ชนแล้วสูญเสียพลังงานจลน์ และชนแล้วไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ ซึ่งแต่ละอย่างมีชื่อเรียกดังนี้ คือ

การชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น (Elastic Collision) คือการชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงที่ (ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์)

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

และหลักการคงตัวของพลังงานจลน์ $\frac{1}{2}m_1u_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2u_2^{\,2} = \frac{1}{2}m_1v_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{\,2}$

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ (K)

สืบค้นข้อมูล และอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชนในหนึ่งมิติได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. สามารถคำนวณในเรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนในหนึ่งมิติ และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้

2. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชนในหนึ่งมิติมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ใฝ่เรียนรู้
2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่า เมื่อวัตถุ 2 สิ่งชนกัน วัตถุที่วิ่งเข้าชนจะถ่ายโอนโมเมนตัมให้กับวัตถุที่ถูกชน
2. บอกกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้
3. ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน แสดงกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
4. ทำการทดลองการชนของวัตถุในแนวตรง และการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง สรุปผลได้ว่า โมเมนตัมรวมของระบบคงตัวเมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบ
5. บอกได้ว่า การชนแบบยืดหยุ่นนั้น นอกจากโมเมนตัมของระบบคงตัวแล้วผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบคงตัวด้วย
6. มีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4. สาระการเรียนรู้

- กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น (law of conservation of momentum)
- การชนใน 1 มิติ (one dimensional collision)
- การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ

5.1.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับแรงดล และการดลที่เรียนผ่านมาแล้ว

5.1.2 ครูยกสถานการณ์โดยการสาธิตการชนกันของรถทดลอง 2 คัน บนราง Air Track โดยกำหนดสถานการณ์การชน คือรถมวลเท่ากันชนกัน ซึ่งให้รถทดลองที่ถูกชนหยุดนิ่ง

และติดสปริงไว้ ภายหลังจากการชนกันแล้วรถทั้งสองคันจะเคลื่อนที่อย่างไร แนวการเคลื่อนที่ของรถทดลองเป็นอย่างไรให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น

5.1.3 ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า เมื่อมีการชนของวัตถุที่ก่อนชนและหลังการชนมีแนวการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน เรียกว่า การชนใน 1 มิติ หรือการชนในแนวตรง ซึ่งแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าชนจะผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชน อีกทั้งวัตถุที่ถูกชนและวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าชนจะมีโมเมนตัมเปลี่ยนไปจากเดิม โดยการชนโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุดังกล่าว จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไรจะได้ศึกษาต่อไป

5.2 ขั้นสำรวจ และค้นหา

5.2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คนแบบคละ เก่ง ปานกลาง อ่อน กำหนดหมายเลขให้สมาชิกในกลุ่มเป็นคนที่ 1-4

5.2.2 ครูตั้งปัญหากับนักเรียนว่า การชนของวัตถุในแนวตรงนั้นโมเมนตัมก่อนชนและภาย หลัง การชนของวัตถุจะเป็นอย่างไร และถ้าพิจารณาพลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร มอบหมายให้แต่ละกลุ่มศึกษา ในหนังสือเรียน เอกสารประกอบการสอนและข้อมูลอินเตอร์เน็ต แล้วระดมสมองหาข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาร่วมกัน

5.2.3 จับคู่กันภายในกลุ่ม จากนั้นให้ผลัดเปลี่ยนกันอธิบายคำตอบของปัญหาให้กันและกันฟัง ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

5.2.4 สุ่มตัวแทนนักเรียนอธิบาย โดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิก พร้อมให้คะแนนกลุ่มที่นำเสนอผลการสืบค้นที่ดีที่สุด ให้คะแนนโบนัส

5.2.5 ชมเชยนักเรียนที่เป็นตัวแทนในการสรุป ครูเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

5.2.6 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสำรวจตรวจสอบเพื่อศึกษาวิธีการหาค่าความเร็วของรถทดลองก่อนชนและหลังชน เพื่อสนับสนุนการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น ทั้งนำไปสู่การคำนวณหาค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังการชนของรถทดลองที่ติดสปริง โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในการทดลองที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรม บันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.2.7 ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ซึ่งในการทำงานต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ มีวนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

ให้นักเรียนประเมินการทำงานกลุ่มตามแบบประเมินที่ครูแจกให้ด้วย และสมาชิกกลุ่มทุกคนต้องทำความเข้าใจกับผลงานของกลุ่มด้วยเพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำเสนอผลงานได้ และให้แต่ละกลุ่มทำงานให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด โดยครูจะเป็นผู้ประเมินการทำงานของกลุ่มนักเรียนด้วย กลุ่มที่สามารถทำงานได้เสร็จและเรียบร้อยถูกต้องภายในเวลาที่กำหนดจะได้รับโบนัส ส่วนกลุ่มที่ช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะถูกหักคะแนนการทำงานกลุ่ม

5.2.8 ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้แล้วอภิปรายกลุ่มย่อย

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5.3.1 สุ่มตัวแทนนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มและหมายเลขสมาชิกนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

5.3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลการทดลอง และอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

5.4 ขั้นขยายความรู้

5.4.1 ครูอธิบายเพิ่มเติม จากการทดลองที่ 3 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น สามารถพิสูจน์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{v}_1, \bar{v}_2$ ในการเคลื่อนที่ของวัตถุภายหลังการชนในกรณีพิเศษต่างๆของการชนแบบยืดหยุ่นได้ โดยนำเข้าสู่สมการ

$$\bar{v}_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)\bar{u}_1 + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)\bar{u}_2 \text{ และ } \bar{v}_2 = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)\bar{u}_1 + \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2}\right)\bar{u}_2 \text{ การใช้สมการ}$$

ในการคำนวณจะใช้ได้เฉพาะการชนแบบยืดหยุ่นเท่านั้น เพราะสมการนี้เป็นผลมาจากการใช้หลักคงตัวของโมเมนตัมและพลังงานจลน์

5.4.2 ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแนะวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่นและให้นักเรียนจดบันทึกลงในสมุดบันทึกของตนเอง

5.4.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

5.5 ขั้นประเมินผล

5.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 3 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น

5.5.2 ครูตรวจรายงานผลการทดลอง และการนำเสนอผลงานจากแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม ประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

หมายเหตุ ทำการเก็บข้อมูล จากสมุดบันทึกผลการทดลอง และสังเกตพฤติกรรมสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม ในรายวิชากลศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เก็บข้อมูลโดย

1) นางสาวจิรพรรณทิพย์ โทนุวงศ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

2) นางสาวจรัญญา บัวใหญ่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

6. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุอุปกรณ์ / สื่อการเรียนรู้

1. ปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น
2. Power point
3. เอกสารประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
5. คอมพิวเตอร์

6.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ข้อมูลทางอินเตอร์เนต

7. การวัดและการประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	- การตอบคำถาม - การทำรายงานการทดลอง - การทำแบบทดสอบ	- รายงานการทดลอง - แบบทดสอบที่ 3 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านจิตทยาศาสตร์ (A)	- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม - แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- การปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินทักษะปฏิบัติการ	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

8.1 ด้านการบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

8.2 ด้านความรู้

8.3 ด้านจิตวิทยาศาสตร์

8.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.5 ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้และแนวทางแก้ไข

8.6 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

แบบทดสอบที่ 3

เรื่องการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ลูกเหล็กทรงกลมมวล 1 กิโลกรัม กลิ้งเข้าชนแท่งไม้หนัก 4 กิโลกรัมที่วางอยู่บนพื้น ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวของแท่งไม้กับพื้นเท่ากับ 0.2 หลังการชนแล้วลูกเหล็กอยู่นิ่งกับที่ แท่งไม้จะไถลได้ไกลเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนมวล 1 กิโลกรัม ซึ่งเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที ถ้าการเข้าชนเป็นแบบยืดหยุ่น โดยสมบูรณ์ จงหาความเร็วหลังชนของมวลทั้งสอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่น จงหาความเร็วของวัตถุทั้งสองหลังการชน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

เฉลยแบบทดสอบที่ 3

เรื่องการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ลูกเหล็กทรงกลมมวล 1 กิโลกรัม กลิ้งเข้าชนแท่งไม้หนัก 4 กิโลกรัมที่วางอยู่บนพื้น ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวของแท่งไม้กับพื้นเท่ากับ 0.2 หลังการชนแล้วลูกเหล็กอยู่นิ่งกับที่ แท่งไม้จะไถลได้ไกลเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

- หาความเร็วหลังชนของแท่งไม้

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ $m_1 = 1$ kg ,$m_2 = 4$ kg , $u_1 = 20$ m/s, $u_2 = 0$ m/s , $v_1 = 0$ m/s หา v_2

จาก $$\sum \vec{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังชน}}$$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$1(20) + 4(0) = 1(0) + 4v_2$$

$$v_2 = 5 \text{ เมตร/วินาที}$$

- หาระยะที่แท่งไม้ไถล จาก กฎการอนุรักษ์พลังงาน $\frac{1}{2}mv^2 = f \cdot s$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu mg \cdot s$$

$$\frac{1}{2}(4)(5)^2 = (0.2)(40) \cdot s$$

จะได้ $$s = 6.25 \text{ เมตร}$$

2. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนมวล 1 กิโลกรัม ซึ่งเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที ถ้าการเข้าชนเป็นแบบยืดหยุ่น โดยสมบูรณ์ จงหาความเร็วหลังชนของมวลทั้งสอง

<u>วิธีทำ</u> วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ $m_1 = 2$ kg ,$m_2 = 1$ kg , $u_1 = 2$ m/s, $u_2 = 1$ m/s , v_1 ,$v_2 = ?$

จาก $$\sum \vec{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังชน}}$$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$2(2) + 1(1) = 2v_1 + 1v_2$$

$$5 = 2v_1 + 1v_2 \qquad \text{.....(1)}$$

จาก $$u_1 + v_2 = u_2 + v_2$$

$$2 + v_1 = 1 + v_2$$

$$v_2 - v_1 = 1 \qquad \text{.....(2)}$$

แก้สมการ จะได้ $v_1 = \frac{4}{3}$ m/s และ $v_2 = \frac{7}{3}$ m/s

ดังนั้น ความเร็วหลังชนของมวลที่ 1 เท่ากับ $\frac{4}{3}$ เมตรต่อวินาที

ความเร็วหลังชนของมวลที่ 2 เท่ากับ $\frac{7}{3}$ เมตรต่อวินาที

3. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่น จงหาความเร็วของวัตถุทั้งสองหลังการชน

<u>วิธีทำ</u>

หา $\vec{v}_1$ และ $\vec{v}_2$

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังชน}}$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$1(10) + 2(0) = 1(v_1) + 2(v_2)$$

$$10 = v_1 + 2(v_2) \qquad \text{..... (1)}$$

จากสมการ

$$u_1 + v_1 = u_2 + v_2$$

$$10 + v_1 = (0) + v_2$$

$$10 = v_2 - v_1 \qquad \text{..... (2)}$$

แก้สมการได้ $v_1 = -3.33$ เมตร/วินาที ทิศทางซ้ายมือ

และ $v_2 = 6.67$ เมตร/วินาที ทิศทางขวามือ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชากลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30201 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เวลา 2 ชั่วโมง

---

1. สาระสำคัญ

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic Collision) คือ การชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปบางส่วน พลังงานที่สูญเสียไปบางส่วนอาจจะเปลี่ยนไปเป็นเสียง, แสง, เปลี่ยนรูปทรง การชนโดยทั่วไปจะเป็นการชนแบบนี้

โมเมนตัมรวมคงที่ $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังชน}}$

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

การดีด (Recoil) ถือว่าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่สมบูรณ์กรณีพิเศษที่พลังงานจลน์ตอนหลังมากกว่าพลังงานจลน์ตอนเริ่มต้น

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ (K)

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายลักษณะของการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นในหนึ่งมิติได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2. สามารถคำนวณในเรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนในหนึ่งมิติ และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้

3. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชนในหนึ่งมิติมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ใฝ่เรียนรู้

2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองการชนของวัตถุในแนวตรง และการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง สรุปผลได้ว่า โมเมนตัมรวมของระบบคงตัวเมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบ

2. บอกได้ว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่นนั้น โมเมนตัมของระบบคงตัว แต่ผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัว

3. คำนวณหาแรง ความเร็ว ความเร่ง มวล ระยะทาง เวลา และปริมาณอื่นๆที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีการชนหรือการดีดตัวออกจากกันได้ โดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้

4. มีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4. สาระการเรียนรู้

- การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)
- การดีด (Recoil)

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค Learning Together (LT)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ

5.1.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น ที่เรียนผ่านมาแล้ว

5.1.2 ครูยกสถานการณ์โดยการสาธิตการชนกันของรถทดลอง 2 คัน บนราง Air Track โดยกำหนดสถานการณ์การชน คือหลังการชนรถทดลองติดกันไป และหลังการชนรถทดลองดีดออกจากกัน โดยตั้งคำถามว่าภายหลังการชนของรถทดลองทั้ง 2 สถานการณ์มีโมเมนตัมเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างไรและพลังงานจลน์เปลี่ยนไปอย่างไร

5.1.3 ถ้าเราอยากทราบว่าโมเมนตัมของรถทดลองเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างไรและพลังงานจลน์เปลี่ยนไปอย่างไร นักเรียนจะมีวิธีการวัดค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของรถทดลองนั้นอย่างไร

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

5.2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการวัดขนาดของโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของรถทดลองโดย ศึกษาวิธีการหาค่าความเร็วของรถทดลองก่อนชนและหลังชน ทั้งนำไปสู่การคำนวณหาค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนชนและหลัง

การชนของรถทดลอง โดยการใช้ชุด Air Track ตามรายละเอียดในการทดลองที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น และ การทดลองที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนทำการทดลอง กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองซึ่งพิจารณาจากอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ให้ในกิจกรรม บันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและอภิปรายผลการทดลองตลอดจนการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งต้องมีการแบ่งหน้าที่กันในการปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจเป็นดังนี้

คนที่ 1 อ่านรายละเอียดของกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ

คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเป็นผู้นำในการออกแบบการทดลองและให้เพื่อนๆ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนรายงานการทดลอง

คนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยการเป็นผู้นำและให้เพื่อนๆ ส่วนร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ

นักเรียนต้องหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่กันทำงานทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติ พร้อมประเมินผลการทำงานกลุ่มทุกครั้ง และต้องรีบเร่งทำงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนดเพื่อกลุ่มจะได้รับโบนัสและไม่ถูกตัดแต้ม

5.2.2 ปฏิบัติการทดลองตามที่กลุ่มนักเรียนได้วางแผนไว้และรวบรวมข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผลการทดลอง ลงข้อสรุป และทำความเข้าใจกับผลงานที่ได้ร่วมกัน เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ ส่งผลงานของทุกกลุ่มที่ครู

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5.3.1 สุ่มตัวแทนนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่มโดยการจับฉลากหมายเลขกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

5.3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลการทดลอง และอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

5.4 ขั้นขยายความรู้

5.4.1 ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแนะวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องการชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่นและการดีดตัวออกจากกันให้นักเรียนจดบันทึกลงในสมุดบันทึกของตนเอง

5.4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

5.5 ขั้นประเมินผล

5.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น และแบบทดสอบที่ 5 เรื่องการดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ

5.5.2 ครูตรวจรายงานผลการทดลอง และการนำเสนอผลงานจากแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม ประกาศชื่อกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดและให้โบนัสกลุ่มชนะเลิศ ให้กำลังใจสำหรับกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยให้พยายามให้มากขึ้น

หมายเหตุ ทำการเก็บข้อมูล จากสมุดบันทึกผลการทดลอง และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม ในรายวิชากลศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เก็บข้อมูลโดย

1) นางสาวจิรพรรณทิพย์ โทนุวงศ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

2) นางสาวจรัญญา บัวใหญ่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

6. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุอุปกรณ์ / สื่อการเรียนรู้

1. ปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น
2. ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ
3. Power point
4. เอกสารประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
6. คอมพิวเตอร์

6.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ข้อมูลอินเตอร์เน็ต

7. การวัดและการประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	- การตอบคำถาม - การทำรายงานการทดลอง - การทำแบบทดสอบ	- รายงานการทดลอง - แบบทดสอบที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น - แบบทดสอบที่ 5 เรื่องการดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านจิตทยาศาสตร์ (A)	- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม - แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- การปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินทักษะปฏิบัติการ	- ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

8.1 ด้านการบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

8.2 ด้านความรู้

8.3 ด้านจิตวิทยาศาสตร์

8.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.5 ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้และแนวทางแก้ไข

8.6 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

แบบทดสอบที่ 4

เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่นและการดีดตัวออกจากกัน

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. มวลขนาด 4 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าหากันบนพื้นไม้ที่ไม่มีความเสียดทานด้วยความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที และ 5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ หลังจากชนกันมวล 4 กิโลกรัม ยังคงเคลื่อนที่ในทิศเดิม ด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที และภายหลังการชน มวล 3 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดและ การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุมวล 2 กิโลกรัมวิ่งด้วยความเร็ว 12 เมตร/วินาที เข้าชนมวล 4 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง หลังจากชนกันแล้วมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดไปด้วยกัน อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของระบบเปลี่ยนไปเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

แบบทดสอบที่ 5

เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ยิงปืนออกไปในแนวระดับ ถ้าความเร็วของลูกปืนขณะกำลังออกจากลำกล้องเป็น 800 เมตร/วินาที และมวลของลูกปืนและปืนเป็น 20 กรัม และ 1000 กรัม ตามลำดับ จงหาความเร็วของปืนหลังการยิง

.....

.....

.....

.....

2. รถทดลอง 2 คัน คันหนึ่งมวล m มีสปริงติดอยู่หน้ารถ อีกคันหนึ่งมีมวล 2m นำมากดอัดสปริงหน้ารถคันแรก แล้วใช้เชือกผูกหน้ารถ 2 คัน ไว้ด้วยกันดังรูป เมื่อตัดเชือกออก รถคันแรกเคลื่อนที่ทันทีด้วยความเร็ว 4 เมตร/วินาที จงหา

ก. ความเร็วของรถคันที่สองหลังตัดเชือก

ข. ถ้ารถคันที่ 1 มีมวล 2 กิโลกรัม หลังจากการดีดตัวระบบนี้มีพลังงานจลน์เปลี่ยนไปเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

เฉลยแบบทดสอบที่ 4

เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. มวลขนาด 4 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าหากันบนพื้นไม้ที่ไม่มีความเสียดทานด้วยความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที และ 5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ หลังจากชนกันมวล 4 กิโลกรัม ยังคงเคลื่อนที่ในทิศเดิม ด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที และภายหลังการชน มวล 3 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดและ การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่

วิธีทำ - ความเร็วหลังชนมวล 3 กิโลกรัม

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังชน}}$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$4(12) + 3(-5) = 4(6) + 3v_2$$

$$\therefore \quad v = 3 \quad \text{m/s} \quad \text{ทิศทางขวามือ}$$

- ตรวจสอบจากสมการ เป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่
  - จาก $\sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} \neq \sum E_{k\ \text{หลังชน}}$
  - หรือสมการการชนแบบยืดหยุ่นใน 1 มิติ $u_1 + v_2 = u_2 + v_2$

แทนค่า $12 + (-5) \neq 6 + 3$

จะได้ $7 \neq 9$ (เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น)

2. วัตถุมวล 2 กิโลกรัมวิ่งด้วยความเร็ว 12 เมตร/วินาที เข้าชนมวล 4 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่ง หลังจากชนกันแล้วมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดไปด้วยกัน อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของระบบเปลี่ยนไปเท่าใด

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนชน}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังชน}}$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v$$

$$2(12) + 4(0) = (2+4)v$$

$$\therefore \quad v = 4 \quad \text{m/s} \quad \text{ทิศทางขวามือ}$$

หาพลังงานจลน์ก่อนชน จาก $\sum E_{\text{ก่อนชน}} = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$

$$= \frac{1}{2}(2)(12^2) + 0$$

$$\sum E_{\text{ก่อนชน}} = 144 \quad \text{J}$$

หาพลังงานจลน์หลังชน จาก $\sum E_{\text{หลังชน}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$

$$= \frac{1}{2}(2+4)(4^2)$$

$$\sum E_{\text{หลังชน}} = 48 \quad \text{J}$$

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

$$= -96 \quad \text{J}$$

ชื่อ.....นามสกุล ..... ชั้น ม.....

เฉลยแบบทดสอบที่ 5

เรื่อง การดีดตัวออกจากกันใน 1 มิติ

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ยิงปืนออกไปในแนวระดับ ถ้าความเร็วของลูกปืนขณะกำลังออกจากลำกล้องเป็น 800 เมตร/วินาที และมวลของลูกปืนและปืนเป็น 20 กรัม และ 1000 กรัม ตามลำดับ จงหาความเร็วของปืนหลังการยิง

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนยิง}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังยิง}}$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$
$$0.02(0) + 1(0) = 0.02(800) + 1(v_2)$$
$$\therefore \quad v_2 = -16 \quad \text{m/s} \quad \text{ทิศทางซ้ายมือ}$$

2. รถทดลอง 2 คัน คันหนึ่งมวล m มีสปริงติดอยู่หน้ารถ อีกคันหนึ่งมีมวล 2m นำมากดอัดสปริงหน้ารถคันแรก แล้วใช้เชือกผูกหน้ารถ 2 คัน ไว้ด้วยกันดังรูป เมื่อตัดเชือกออก รถคันแรกเคลื่อนที่ทันทีด้วยความเร็ว 4 เมตร/วินาที จงหา

ค. ความเร็วของรถคันที่สองหลังตัดเชือก

ง. ถ้ารถคันที่ 1 มีมวล 2 กิโลกรัม หลังจากการดีดตัวระบบนี้มีพลังงานจลน์เปลี่ยนไปเท่าใด

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum \bar{p}_{\text{ก่อนกระโดด}} = \sum \bar{p}_{\text{หลังกระโดด}}$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$
$$m(0) + 2m(0) = m(-4) + 2m(v_2)$$
$$\therefore \quad v_2 = 2 \quad \text{m/s}$$

หาพลังงานจลน์ก่อนชน จาก $\sum E_{\text{ก่อนตีด}} = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$

$$= 0$$

$$\sum E_{\text{ก่อนตีด}} = 0 \quad \text{J}$$

หาพลังงานจลน์หลังชน จาก $\sum E_{\text{หลังตีด}} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$$= \frac{1}{2}(2)(4)^2 + \frac{1}{2}(4)(2)^2$$

$$\sum E_{\text{หลังตีด}} = 24 \quad \text{J}$$

พลังงานจลน์ของระบบเปลี่ยนไป $= \sum E_{k\ \text{หลังตีด}} - \sum E_{k\ \text{ก่อนตีด}} = 24 \quad \text{J}$

ภาคผนวก ข

บทปฏิบัติการ เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ วิชากลศาสตร์

ปฏิบัติการที่ 1
เรื่อง โมเมนตัม

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อให้นักเรียนทราบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและมวลในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ทฤษฎี

โมเมนตัม (Momentum)

เราทราบแล้วว่า แรงสามารถทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งเคลื่อนที่ หรือทำให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หยุดนิ่ง การเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยแรงนี้จะยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ วัตถุที่มีมวลมากและความเร็วสูงย่อมทำให้หยุดได้ยากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยหรือความเร็วต่ำ

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

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

$$\sum \bar{F} = m\frac{d\bar{v}}{dt}$$

$$\sum \bar{F} = \frac{d}{dt}(m\bar{v}) \qquad \text{..... (1)}$$

แสดงว่าแรงกระทำ $\sum \bar{F}$ มีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยน $m\bar{v}$ ดังนั้นปริมาณของมวลคูณกับความเร็ว จึงน่าจะเป็นปริมาณที่กกำหนดสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ เรียกปริมาณนี้ว่า โมเมนตัมเชิงเส้น (linear momentum) เขียนแทนด้วย $\bar{p}$

$$\bar{p} = m\bar{v} \qquad \text{..... (2)}$$

เมื่อ $\bar{P}$ แทน โมเมนตัมของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม. เมตร/วินาที, หรือ นิวตัน. วินาที

m แทน มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

$\bar{v}$ แทน ความเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศเดียวกับความเร็ว มีหน่วยเป็น $kg \cdot m \cdot s^{-1}$ และเป็นปริมาณสำคัญที่บอกค่าของแรงในการที่จะทำให้อนุภาคมีการเคลื่อนที่

อุปกรณ์การทดลอง

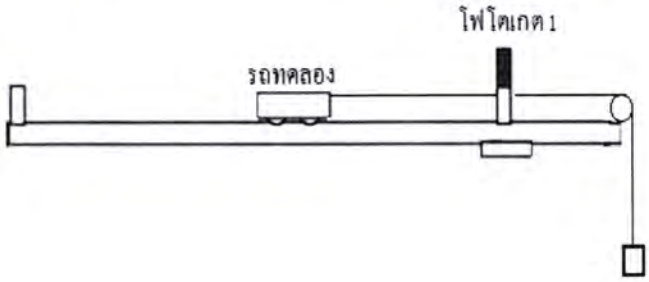
1.ชุดรางอากาศ (Air Track)	1	ชุด
2. เครื่องปั๊มลม	1	เครื่อง
3. โฟโตเกตพร้อมที่ยึดจับ	1	อัน
4. เครื่องบันทึกเวลา	1	เครื่อง
5. รถสำหรับรางชุดรางอากาศ (Air Track) ขนาดใหญ่	1	คัน
7. Glider สำหรับติดบนรถ แบบ 2 แถบ	1	อัน
8. รอก	1	อัน
6. ตุ้มมวลถ่วงสำหรับเพิ่มที่แขวนน้ำหนัก	4	อัน
9. แท่งเหล็กสำหรับเพิ่มมวลรถทดลอง	5	อัน
10. เครื่องชั่ง Triple Beam	1	เครื่อง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดรางอากาศ (Air Track)

1. วางชุดรางอากาศ (Air Track) บนโต๊ะ หมุนสกรูที่ฐานรางเพื่อปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากระดับน้ำที่ติดไว้ปลายรางทั้งสองข้าง
2. ต่อสายท่อลมของเครื่องปั๊มลมเข้ากับท่อราง เปิดสวิตซ์เครื่องปั๊มลมแล้วนำรถมาวาง ถ้าวางรางได้ระดับรถจะอยู่นิ่ง แต่ถ้ารถยังเคลื่อนที่ให้ปรับระดับของรางจนรถอยู่นิ่ง
3. ทำการประกอบโฟโตเกตเข้ากับที่ยึดจับโฟโตเกต แล้วนำมาติดตั้งเข้ากับรางโดยใช้การเลื่อนเข้าในร่องของรางด้านที่มีสเกลบอกระยะทาง
4. เลื่อนตำแหน่งโฟโตเกตตัวที่ 1 มาวางไว้ที่ตำแหน่ง 100 เซนติเมตร ต่อ DIN Plug ของโฟโตเกตตัวที่1 เข้ากับช่องเสียบ P1 ด้านหลังของเครื่องบันทึกเวลา เสียบปลั๊กเครื่องบันทึกเวลาแล้วเปิดสวิตซ์ด้านหลังของเครื่อง (กดปุ่ม Function) 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่ากดปุ่ม Function ครั้งต่อไป จะเป็นการเปลี่ยน Function ให้ทำการเปลี่ยนไปใช้ **Mode Timing II**
5. ชั่งมวลของรถทดลอง M บันทึกผลการทดลอง

6. ติด Glider แบบ 2 แถบ บนรถไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถ โดยหันแถบให้อยู่ข้างเดียวกับโฟโตเกต พร้อมทั้งผูกเชือกระหว่างรถทดลองกับที่แขวนน้ำหนัก โดยผ่านรอก ดังรูป



ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

7. ใส่ตุ้มน้ำหนักที่ตัวแขวนน้ำหนัก จัดรถทดลองให้ห่างจากโฟโตเกตตัวที่ 1 (Ph1) เป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้รถทดลองเคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกต บันทึกเวลาที่ได้เพื่อหาค่าความเร็ว (v) ในการเคลื่อนที่ของรถทดลอง
8. ทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มมวลของรถทดลอง ด้วยการวางแท่งเหล็กลงบนรถทดลอง เปลี่ยนมวลรถทดลองให้ได้อย่างน้อย 5 ค่า แล้วทำการทดลองซ้ำ
9. เขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง v (แกนตั้ง) และ 1/M (แกนนอน) เมื่อแรงดึงคงที่
10. สรุป วิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ใบบันทึกผลการทดลอง
ปฏิบัติการที่ 1เรื่อง โมเมนตัม

รายชื่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

1. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
2. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
3. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
4. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....

ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

ระยะ Gider (d) =..... , มวลถ่วง = ...

มวลรถ (M) (kg)	เวลาที่ผ่านโฟโตเกต (s)				ความเร็ว $\bar{v} = \frac{d}{t}$ (m/s)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อเพิ่มมวลของรถที่ถูกดึง โดยให้แรงดึงคงที่ ความเร็วที่รถเคลื่อนที่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

.....

2. ความเร็ว และมวลมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

.....

3. ความเร็ว และส่วนกลับของมวลมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และความชันของกราฟคือปริมาณใด

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 2
เรื่องการดลและแรงดล

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อให้นักเรียนทราบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัม
2. นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าแรงที่กระทำกับวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนโมเมนตัม

ทฤษฎี

การดล (Impulse)

แรงทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยน ถ้าแรงกระทำบนวัตถุเป็นเวลานานโมเมนตัมก็เปลี่ยนมาก เราสามารถเขียนสมการการเปลี่ยนโมเมนตัมในเวลา dt ได้ดังนี้

$$d\bar{p} = \bar{F}dt$$

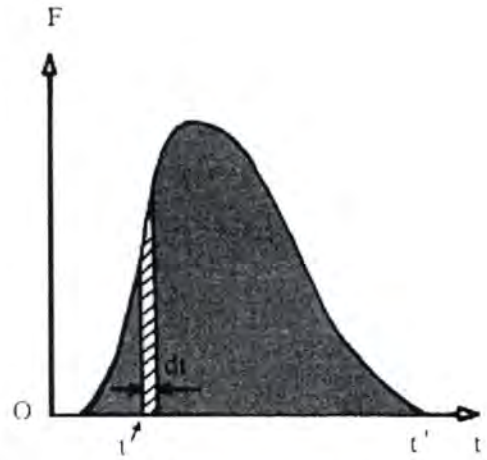
ดังนั้น การเปลี่ยนโมเมนตัมจากเวลา t วินาที ถึง t′ วินาที คือ

$$\int_{\bar{p}}^{\bar{p}'} d\bar{p} = \int_{t}^{t'} \bar{F}dt$$

เมื่อ $\bar{p}$ เป็นโมเมนตัมที่เวลา t วินาที และ $\bar{p}'$ เป็นโมเมนตัมที่เวลา t′ วินาที

$$\bar{p}' - \bar{p} = \int_{t}^{t'} \bar{F}dt \qquad \text{..... (1)}$$

ปริมาณทางขวามือของสมการ (1) คือ การดล (Impulse) ดังนั้น การดลจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

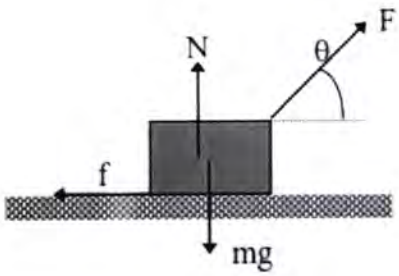


ตามรูป แสดงการเปลี่ยนแปลงของแรง $\bar{F}$ ซึ่งมีทิศคงที่แต่มีขนาด $\bar{F}$ เปลี่ยนตามเวลา t การดลในเวลา dt คือ $\bar{F}dt$ ดังนั้นพื้นที่ใต้กราฟ คือ ขนาดของการดลทั้งหมด สำหรับกรณีที่ $\bar{F}$ มีทิศทางคงที่

การดลจะมีทิศทางเดียวกับแรง $\bar{F}$ เรียก แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ นี้ว่า แรงดล (Impulsive force)

การดลของแรงลัพธ์ (I_T)

การดลของแรงลัพธ์ คือ ผลบวกของการดลของแรงย่อยทุกแรงแบบเวกเตอร์ที่เราพิจารณา เช่น สมมุติว่าวัตถุมวล m มีแรงกระทำ ดังรูป โดยแรงเหล่านี้กระทำในช่วงเวลา Δt ดังนั้น การดลของแรงต่างๆ พิจารณาดังนี้ คือ



การดลของแรง F คือ $\bar{I}_F = \int_t^{t'} \bar{F}\,dt = \bar{F}\Delta t$ (F คงที่)

การดลของแรง f คือ $\bar{I}_f = \int_t^{t'} \bar{f}\,dt = \bar{f}\Delta t$ (f คงที่)

การดลของแรง N คือ $\bar{I}_N = \int_t^{t'} \bar{N}\,dt = \bar{N}\Delta t$ (N คงที่)

การดลของแรง mg คือ $\bar{I}_{mg} = \int_t^{t'} m\bar{g}\,dt = m\bar{g}\,\Delta t$

ดังนั้นการดลของแรงลัพธ์ จะเป็น

$$\begin{aligned}\bar{I}_T &= \bar{I}_F + \bar{I}_f + \bar{I}_N + \bar{I}_{mg} \\ &= \bar{F}\Delta t + \bar{f}\Delta t + \bar{N}\Delta t + m\bar{g}\Delta t \\ &= \left(\bar{F} + \bar{f} + \bar{N} + m\bar{g}\right)\Delta t\end{aligned}$$

ดังนั้น $\bar{I}_T = \sum \bar{F}\cdot\Delta t$ ..... (2)

แต่ $\sum \bar{F} = m\bar{a}$

$$= m\frac{(\bar{v}-\bar{u})}{\Delta t}$$ ..... (3)

ดังนั้น $\sum \bar{F}\,\Delta t = m(\bar{v}-\bar{u})$

$$= \bar{p}_2 - \bar{p}_1$$

$$= \Delta\bar{p}$$ ..... (4)

จากสมการ (3) และ (4) เป็นสมการเดียวกัน เขียนได้ว่า

$$\bar{I} = \sum \bar{F}\cdot\Delta t = m\bar{v} - m\bar{u} = \Delta\bar{p}$$

เมื่อ $\sum \bar{F}$ คือ แรงลัพธ์ที่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล m

$m\bar{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ

$m\bar{v}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุหลังออกแรงกระทำ

$m\bar{v} - m\bar{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

เรียกสมการนี้ว่า สมการการดล-โมเมนตัม ซึ่งมีความหมายว่า การดลทั้งหมดที่กระทำบนวัตถุเท่ากับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุ ถ้า Δt สั้นมากๆ

อุปกรณ์การทดลอง

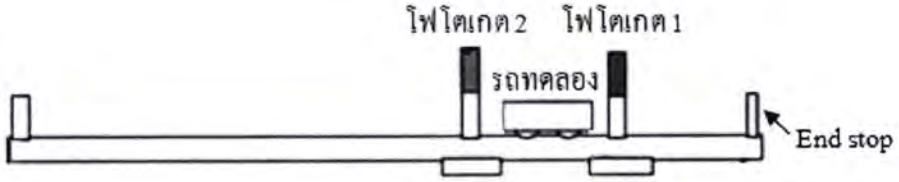
1.ชุดรางอากาศ (Air Track)	1	ชุด
2. เครื่องปั๊มลม	1	เครื่อง
3. โฟโตเกตพร้อมที่ยึดจับ	2	อัน
4. เครื่องบันทึกเวลา	1	เครื่อง
5. รถสำหรับรางชุดรางอากาศ (Air Track)	1	คัน
6. ตุ้มมวลสำหรับเพิ่มน้ำหนักรถ	4	อัน
7. Glider สำหรับติดบนรถ แบบ 2 แถบ	2	อัน
8. ฟองน้ำ		
9. เครื่องชั่ง Triple Beam	1	เครื่อง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดรางอากาศ (Air Track)

1. วางชุดรางอากาศ (Air Track)บนโต๊ะ หมุนสกรูที่ฐานรางเพื่อปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากระดับน้ำที่ติดไว้ปลายรางทั้งสองข้าง
2. ต่อสายท่อลมของเครื่องปั๊มลมเข้ากับท่อราง เปิดสวิตซ์เครื่องปั๊มลมแล้วนำรถมาวาง ถ้าวางรางได้ระดับรถจะอยู่นิ่ง แต่ถ้ารถยังเคลื่อนที่ให้ปรับระดับของรางจนรถอยู่นิ่ง
3. ทำการประกอบโฟโตเกตเข้ากับที่ยึดจับโฟโตเกตทั้งสองอัน แล้วนำมาติดตั้งเข้ากับรางโดยใช้การเลื่อนเข้าในร่องของรางด้านที่มีสเกลบอกระยะทาง
4. เลื่อนตำแหน่งโฟโตเกตตัวที่ 1 มาวางไว้ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร ส่วนโฟโตเกทตัวที่ 2 มาไว้ที่ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร อยู่ด้านตรงข้าม เทียบกับจุด End stop ต่อ DIN Plug ของโฟโตเกตตัวที่1 เข้ากับช่องเสียบ P1 ด้านหลังของเครื่องบันทึกเวลา ส่วยโฟโตเกทตัวที่ 2 เสียบเข้ากับช่อง P2
5. เสียบปลั๊กเครื่องบันทึกเวลาแล้วเปิดสวิตซ์ด้านหลังของเครื่อง (กดปุ่ม Function) 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่ากดปุ่ม Function ครั้งต่อไป จะเป็นการเปลี่ยน Function ให้ทำการเปลี่ยนไปใช้ **Mode Acceleration**
6. ชั่งมวลของรถทดลอง M บันทึกผล

7. ติด Glider แบบ 2 แถบ 2 อัน บน รถทดลอง ไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถ โดยหันแถบให้อยู่ข้างเดียวกับโฟโตเกตตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ดังรูป



ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

8. วางรถทดลองไว้ระหว่างโฟโตเกตตัวที่ 1 และโฟโตเกตตัวที่ 2 ออกแรงผลักรถให้เคลื่อนที่กระทบที่กั้นและให้ตัดผ่านโฟโตเกตทั้งสองแล้วบันทึกเวลาที่ได้ เพื่อหาความเร็วก่อนกระทบ (u) และความเร็วหลังกระทบ (v) ในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อกระทบพื้นแข็ง
9. เพิ่มความเร็วของของรถให้ได้อย่างน้อย 5 ค่า แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 8-9 บันทึกผลการทดลองลงตารางการทดลอง
10. นำฟองน้ำมาติดบริเวณที่กั้นตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำข้อ 8-9 บันทึกผลการทดลองลงตารางการทดลอง
11. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $m\bar{v} - m\bar{u}$ และ Δt แล้วหาค่าความชันจากกราฟ
12. สรุป วิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ใบบันทึกผลการทดลอง

ปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การดลและแรงดล

รายชื่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

1. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
2. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
3. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
4. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....

ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

ระยะ Gider (d) =_____ มวลรถทดลอง (m) = _____

ชนิดแผ่นกั้น	P1 = t_1 (s)	P2 = t_2 (s)	P1-2 = t (s)	$u = d/t_1$ (m/s)	$v = d/t_2$ (m/s)	$m\bar{v} - m\bar{u}$ $(kg \cdot m/s)$	$\Delta t = t - (t_1 + t_2)$ (s)
แผ่นเหล็ก							
ฟองน้ำ							

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ผลที่เกิดขึ้นเมื่อรถเคลื่อนที่เข้ากระทบกับฟองน้ำ ตกกระทบกับพื้นแข็งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของรถที่เคลื่อนที่กระทบฟองน้ำกับพื้นแข็งแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เมื่อมวลรถเท่ากัน

.....

.....

.....

.....

3.ช่วงเวลาที่รถเปลี่ยนความเร็วขณะกระทบฟองน้ำกับช่วงเวลาที่กระทบพื้นแข็ง ต่างกันหรือไม่ อย่างไรเมื่อระยะทางในการเคลื่อนที่เท่ากัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 3

เรื่อง การชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อตรวจสอบผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์จากการชนแบบยืดหยุ่นของรถทดลองติดสปริงก่อนและภายหลังการชน

ทฤษฎี

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น (law of conservation of momentum)

จากสมการ $\bar{F} = \frac{d\bar{p}}{dt}$

ถ้าไม่มีแรงลัพธ์ภายนอกไปกระทำกับวัตถุ กล่าวคือ $\bar{F} = 0$

จะได้ $\frac{d\bar{p}}{dt} = 0$ หรือ $\bar{p}$ คงที่

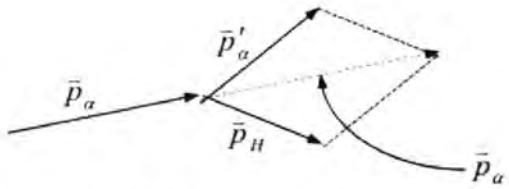
นั่นคือ เราอาพูดได้ว่า "ถ้าไม่มีแรงลัพธ์ภายนอกกระทำกับวัตถุ โมเมนตัมของวัตถุจะมีค่าคงที่" สอดคล้องกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน แสดงได้ดังนี้

$\bar{p} = m\bar{v}$ = ค่าคงที่

แต่ m คงที่ เพราะฉะนั้น $\bar{v}$ = ค่าคงที่

ดังนั้นเมื่อไม่มีแรงลัพธ์จากภายนอกไปกระทำบนวัตถุ วัตถุนั้นจะมีความเร็วคงที่ หรือจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งก็คือ $\bar{v} = 0$

ในกรณีที่วัตถุสองก้อนซึ่งต่างก็มีแรงกกระทำต่อกัน แต่ไม่มีแรงลัพธ์ภายนอกอื่นใดมากระทำต่อวัตถุทั้งสองนี้ เราทดลองได้ผลว่า โมเมนตัมรวมของวัตถุทั้งสองจะคงที่ ดังเช่น การทดลองในเรื่อง ห้องเมฆ (cloud chamber) ซึ่งให้อนุภาคอัลฟา (หรือนิวเคลียสของฮีเลียม) วิ่งไปชนอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งอยู่กับที่ อนุภาคอัลฟาจะเบนออกไปจากเดิม และอะตอมของไฮโดรเจนก็จะกระเด็นไปอีกทางหนึ่ง จากการถ่ายภาพและวัดอัตราเร็วของอะตอมทั้งสอง เราก็ทราบความเร็วและเมื่อคูณด้วยมวล ผลคูณที่ได้ก็คือ โมเมนตัมซึ่งเขียนเป็นเวกเตอร์ ดังรูป 1



รูปที่ 1 แสดงโมเมนตัมคงที่ เมื่ออนุภาคอัลฟาวิ่งชนอะตอมของไฮโดรเจน

$\bar{p}_\alpha$ เป็นโมเมนตัมของอนุภาคอัลฟาก่อนชนกับอะตอมของไฮโดรเจนที่อยู่นิ่ง ซึ่งมีโมเมนตัมเป็นศูนย์ เมื่อชนแล้วโมเมนตัมของอนุภาคอัลฟาและอะตอมของไฮโดรเจนเปลี่ยนเป็น $\bar{p}'_\alpha$ และ $\bar{p}'_H$ ตามลำดับ จากรูปจะเห็นว่า โมเมนตัมรวมของ $\bar{p}'_\alpha$ และ $\bar{p}'_H$ จะเท่ากับ $\bar{p}_\alpha$

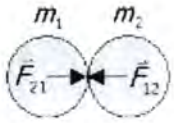
ดังนั้น $\bar{p}_\alpha = \bar{p}'_\alpha + \bar{p}'_H$

หรือกล่าวได้ว่า โมเมนตัมรวมของอนุภาคทั้งสองก่อนการชนและหลังการชนเท่ากัน

การทดลองอื่นๆ อีกหลายอย่างก็ให้ผลเหมือนกับตัวอย่างข้างบน รวมทั้งกรณีที่มีการชนกันของวัตถุหลายๆก้อน การชนนี้มีความหมายรวมไปถึงการชนกันโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกัน เพียงแต่มีแรงกระทำระหว่างกันเท่านั้นก็ถือว่ามีการชนเกิดขึ้นแล้ว อย่างไรก็ตาม ในทุกกรณีที่จะให้ผลเช่นนี้ จะต้องไม่มีแรงภายนอกกระทำ ดังนั้นจึงตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (law of conservation of momentum) ได้ดังนี้

"โมเมนตัมของวัตถุทั้งหมดที่กำลังพิจารณาจะคงที่ ถ้าไม่มีแรงลัพธ์ใดๆจากภายนอกกระทำต่อวัตถุเหล่านั้น"

เพื่อให้เข้าใจกฎเกณฑ์นี้ดีขึ้น ขอให้พิจารณาการชนของวัตถุ 2 อัน ขณะที่ชนกันจะมีแรง $\bar{F}_{12}$ และ $\bar{F}_{21}$ กระทำต่อมวลที่ 1 และที่ 2 ดังรูปที่ 2 ในช่วงเวลาสั้นๆ $\bar{F}_{12}$ และ $\bar{F}_{21}$ จะเป็นฟังก์ชันของเวลา



รูปที่ 2

โมเมนตัมของมวลที่ 1 ที่เปลี่ยนไป $\quad \bar{p}'_1 - \bar{p}_1 = \int_t^{t'} \bar{F}_{12} dt \quad$ ..... (1)

โมเมนตัมของมวลที่ 2 ที่เปลี่ยนไป $\quad \bar{p}'_2 - \bar{p}_2 = \int_t^{t'} \bar{F}_{21} dt \quad$ ..... (2)

บวกสมการทั้งสองเข้าด้วยกัน จะได้

$$(\bar{p}'_1 - \bar{p}_1) + (\bar{p}'_2 - \bar{p}_2) = \int_t^{t'} \bar{F}_{12} dt + \int_t^{t'} \bar{F}_{21} dt$$

$$= \int_t^{t'} (\bar{F}_{12} + \bar{F}_{21}) dt \quad \text{..... (3)}$$

แต่จากกฎข้อที่3 ของนิวตัน แรง $\bar{F}_{12}$ ซึ่งกระทำต่ออวัตถุที่ 1 โดยวัตถุที่ 2 จะต้องมีขนาดเท่ากับแรง $\bar{F}_{21}$ ซึ่งกระทำต่อวัตถุที่ 2 โดยวัตถุที่ 1 แต่มีทิศตรงข้าม

$$\bar{F}_{12} = -\bar{F}_{21}$$

หรือ $$\bar{F}_{12} + \bar{F}_{21} = 0$$

แทนสมการนี้ลงในสมการที่ 3 จะได้

$$(\bar{p}_1' - \bar{p}_1) + (\bar{p}_2' - \bar{p}_2) = 0$$

นั่นคือ $$\bar{p}_1' + \bar{p}_2' = \bar{p}_1 + \bar{p}_2 \qquad \text{..... (3)}$$

หรือ **โมเมนตัมรวมก่อนชน = โมเมนตัมรวมหลังชน**

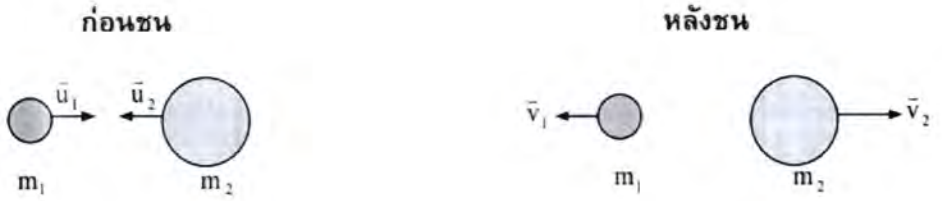
ดังนั้น โมเมนตัมรวมของระบบมีค่าคงที่ จะเห็นได้ว่าในตัวอย่างนี้ ถึงแม้จะมีแรงกระทำต่อวัตถุ แต่แรงนั้นเป็นแรงระหว่างวัตถุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบ ถือได้ว่าเป็นแรงภายในและเมื่อแรงภายนอกเป็นศูนย์ โมเมนตัมรวมของระบบจะมีค่าคงที่ ไม่เปลี่ยนไปกับเวลาเสมอ

การชนใน 1 มิติ (one dimensional collision)

การชนของวัตถุจัดได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ เมื่อพิจารณาที่พลังงานจลน์ คือ ชนแล้วสูญเสียพลังงานจลน์ และชนแล้วไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ ซึ่งแต่ละอย่างมีชื่อเรียกดังนี้ คือ

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) คือการชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงที่ (ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์)

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยมวล m_1 และ m_2 วิ่งเข้าชนกันใน 1 มิติ ด้วยความเร็ว $\bar{u}_1$ และ $\bar{u}_2$ ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการชนมวลทั้งคู่มีความเร็วเปลี่ยนแปลงไปเป็น $\bar{v}_1$ และ $\bar{v}_2$ ดังรูปที่ 3 ดังนั้นหลักการคงตัวของโมเมนตัม และหลักการคงตัวของพลังงานจลน์ เขียนได้ดังนี้



รูปที่ 3 แสดงการชนแบบยืดหยุ่น

หลักการคงตัวของโมเมนตัม

$$m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2 \qquad \text{..... (4)}$$

และหลักการคงตัวของพลังงานจลน์

$$\frac{1}{2}m_1u_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2u_2^{\,2} = \frac{1}{2}m_1v_1^{\,2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{\,2} \qquad \text{..... (5)}$$

จากสมการที่ (4) และ (5) ได้สมการใหม่เป็น

$$\bar{u}_1 + \bar{v}_1 = \bar{u}_2 + \bar{v}_2$$ **(จะใช้ได้เฉพาะการชนแบบยืดหยุ่นใน 1 มิติเท่านั้น)**

เมื่อกำหนดให้ $\bar{v}$ มีค่าเป็นบวกเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา และมีค่าเป็นลบเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

อุปกรณ์การทดลอง

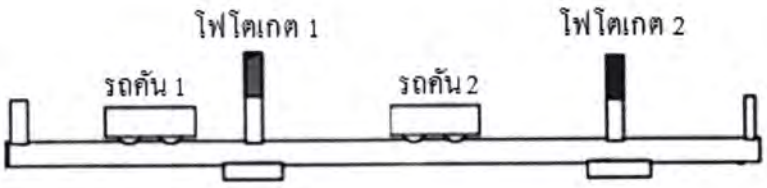
1.ชุดรางอากาศ (Air Track)	1	ชุด
2. เครื่องปั๊มลม	1	เครื่อง
3. โฟโตเกตพร้อมที่ยึดจับ	2	อัน
4. เครื่องบันทึกเวลา	1	เครื่อง
5. รถสำหรับรางชุดรางอากาศ (Air Track) ขนาดเล็ก 2 คัน ขนาดใหญ่ 1 คัน		
6. Glider สำหรับติดบนรถ แบบ 2 แถบ	2	อัน
7. สปริง	2	อัน
8. เครื่องชั่ง Triple Beam	1	เครื่อง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดรางอากาศ (Air Track)

1. วางชุดรางอากาศ (Air Track)บนโต๊ะ หมุนสกรูที่ฐานรางเพื่อปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากระดับน้ำที่ติดไว้ปลายรางทั้งสองข้าง
2. ต่อสายท่อลมของเครื่องปั๊มลมเข้ากับท่อราง เปิดสวิตซ์เครื่องปั๊มลมแล้วนำรถมาวาง ถ้าวางรางได้ระดับรถจะอยู่นิ่ง แต่ถ้ารถยังเคลื่อนที่ให้ปรับระดับของรางจนรถอยู่นิ่ง
3. ทำการประกอบโฟโตเกตเข้ากับที่ยึดจับโฟโตเกตทั้งสองอัน แล้วนำมาติดตั้งเข้ากับรางโดยใช้การเลื่อนเข้าในร่องของรางด้านที่มีสเกลบอกระยะทาง
4. เลื่อนตำแหน่งโฟโตเกตตัวที่ 1 มาวางไว้ที่ตำแหน่ง 80 เซนติเมตร ส่วนโฟโตเกตตัวที่ 2 มาไว้ที่ตำแหน่ง 130 เซนติเมตร
5. ต่อ DIN Plug ของโฟโตเกตตัวที่1 เข้ากับช่องเสียบ P1 ด้านหลังของเครื่องบันทึกเวลา ส่วโฟโตเกตตัวที่ 2 เสียบเข้ากับช่องเสียบ P2
6. เสียบปลั๊กเครื่องบันทึกเวลาแล้วเปิดสวิตซ์ด้านหลังของเครื่อง (กดปุ่ม Function) 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่ากดปุ่ม Function ครั้งต่อไป จะเป็นการเปลี่ยน Function ให้ทำการเปลี่ยนไปใช้ Function Colision
7. ติด Glider แบบ 2 แถบ <u>บนรถทดลองทั้งสองคัน</u>ไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถโดย<u>หันแถบให้อยู่ข้างเดียวกันกับโฟโตเกต</u> พร้อมทั้งติดแถบการชนแบบไม่ยืดหยุ่นที่ปลายข้างที่เข้าชนของรถทั้งสองคันโดยใช้น็อตในการยึดจับ

8. ลองเลื่อนรถทั้งสองคันว่า Glider สามารถเคลื่อนผ่านช่องโฟโตเกตทั้งสองตัวหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการหมุนน็อตเลื่อนตำแหน่งจับโฟโตเกตใหม่ จนGlider สามารถผ่านได้ ดังรูป



ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

9. **กรณีมวลรถทดลอง $m_1 = m_2$** โดยนำรถคันที่ 1 (m_1) วางไว้ตรงตำแหน่งกลางระหว่างโฟโตเกตทั้งสองตัวแล้วจับไว้ ส่วนรถคันที่ 2 (m_2) วางไว้ที่ปลายรางด้านขวามือ แล้วจับรถคันที่ 2 ไว้กับที่ กดปุ่ม Function 1 ครั้งบนเครื่องบันทึกเวลา เพื่อ Reset ค่า
10. ผลักรถคันที่ 2 เข้าชนรถคันที่ 1 ซึ่งจับไว้ **(ระวัง : ควรปล่อยมือจากรถคันที่ 1 ก่อนรถคันที่ 2 จะพุ่งเข้าชน)** บันทึกเวลาที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา และชั่งมวลของรถทั้งสองคัน แล้วบันทึกผล
11. ความหมายของสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา

    P1.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 1

    P1.2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 2

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 1

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 2
12. **กรณีมวลรถทดลอง $m_1 < m_2$** โดยเปลี่ยนรถคันที่ 2 เป็นรถคันใหญ่ แล้วติด Glider แบบ 2 แถบ ระยะห่างระหว่างแถบ 1 เซนติเมตร ไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถ โดยใช้น็อตในการยึดจับ) แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 บันทึกผลที่อ่านได้ในโฟโตเกต
13. **กรณี มวลรถทดลอง $m_1 > m_2$** โดยเปลี่ยนรถคันที่ 1 เป็นรถคันใหญ่ รถคันที่ 2 เป็นรถคันเล็ก (แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 บันทึกผลที่อ่านได้ในโฟโตเกต
14. คำนวณค่าโมเมนตัม และพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน เพื่อแสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น บันทึกผลการทดลอง ในตารางบันทึกผลการทดลอง
15. สรุป วิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ใบบันทึกผลการทดลอง

ปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบยืดหยุ่น

รายชื่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

1. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
2. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
3. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
4. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....

ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง ระยะ Gider (d) = _____

กรณี	การชนแบบยืดหยุ่น – ก่อนการชน						
	รถคันที่	m (kg)	u (m/s)	mu (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mu^2$(J)	$\sum mu$	$\sum \frac{1}{2}mu^2$
$m_1 = m_2$	1						
	2						
$m_1 < m_2$	1						
	2						
$m_1 > m_2$	1						
	2						

กรณี	การชนแบบยืดหยุ่น – หลังการชน						
	รถคันที่	m (kg)	v (m/s)	mv (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mv^2$(J)	$\sum mv$	$\sum \frac{1}{2}mv^2$
$m_1 = m_2$	1						
	2						
$m_1 < m_2$	1						
	2						
$m_1 > m_2$	1						
	2						

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. หลังจากชนกันแล้ว ในแต่ละกรณีรถทดลองแต่ละคันเคลื่อนที่อย่างไร ขนาดของความเร็วก่อนชนและหลังการชนของรถทดลองแต่ละคันเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนในแต่ละกรณีเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.ผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนการชนและผลรวมของพลังงานจลน์หลังการชนในแต่ละกรณีเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 4
เรื่อง การชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อตรวจสอบผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์จากการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของรถทดลองก่อนและภายหลังการชน

ทฤษฎี

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision) คือ การชนที่พลังงานจลน์ก่อนและหลังการชนมีค่าเปลี่ยนแปลง (อาจจะลดลงหรือเพิ่มขึ้น) แต่โมเมนตัมก่อนชนและหลังการชนมีค่าคงที่เช่นเดิม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

การชนแบบไม่ยืดหยุ่นแบบสมบูรณ์ คือ การชนที่วัตถุทั้งสองหลังชนแล้วติดกันไป ซึ่งจะทำให้พลังงานจลน์สูญเสียไปมากที่สุด

การชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่สมบูรณ์ คือ การชนที่หลังการชนแล้วมวลไม่ติดกันไป รูปร่างเปลี่ยนแปลง

ซึ่งการชนแบบไม่ยืดหยุ่นนี้ เขียนสมการของการชนเพื่อใช้ในการคำนวณได้ คือ

โมเมนตัมรวมคงที่ $$\sum P_{\text{ก่อนชน}} = \sum P_{\text{หลังชน}} \quad \text{.....(1)}$$

พลังงานจลน์รวมไม่คงที่ $$\Delta E_k = \sum E_{k\ \text{ก่อนชน}} - \sum E_{k\ \text{หลังชน}} \quad \text{.....(2)}$$

การหาค่าพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นซึ่งอาจจะมีพลังงานจลน์ตอนหลังมากกว่าพลังงานจลน์ตอนแรก หรือพลังงานจลน์ตอนแรกมากกว่าพลังงานจลน์ตอนหลังก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามพลังงานจลน์ย่อยมีการเปลี่ยนแปลงแน่นอน

การที่วัตถุระเบิดออกจากกัน ก็ถือว่าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยที่พลังงานจลน์หลังการชนจะมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์ก่อนการชน

รูปที่ 1 แสดงการชนแบบไม่ยืดหยุ่นแบบสมบูรณ์

ตัวอย่างการชนแบบไม่ยืดหยุ่นแบบสมบูรณ์ ดังรูปที่ 1 กล่าวคือ ก่อนการชนวัตถุมวล m_1 และ m_2 วิ่งเข้าหากันด้วยความเร็ว $\bar{u}_1$ และ $\bar{u}_2$ ตามลำดับ หลังจากนั้นวัตถุทั้งสองติดกันไป และวิ่งไปด้วยความเร็ว $\bar{v}$ เนื่องจากการชนในลักษณะนี้โมเมนตัมเท่านั้นที่คงตัว ดังนี้

$$m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2 = (m_1 + m_2)\bar{v} \quad \text{..... (3)}$$

ความเร็วหลังชน

$$\bar{v} = \frac{m_1\bar{u}_1 + m_2\bar{u}_2}{m_1 + m_2} \quad \text{..... (4)}$$

สมการ (4) นี้ยังคงเป็นจริงเมื่อเกิดปรากฏการณ์ในทางกลับกันด้วย กล่าวคือ ถ้ามีวัตถุมวล M กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\bar{v}$ และแตกออกเป็นสองส่วน (ใน 1 มิติ) ส่วนที่มีมวล m_1 จะวิ่งออกไปด้วยความเร็ว $\bar{u}_1$ ในขณะที่มวล $m_2(m_2 = M - m_1)$ ที่แตกออกไป ก็จะวิ่งออกไปด้วยความเร็ว $\bar{u}_2$

อุปกรณ์การทดลอง

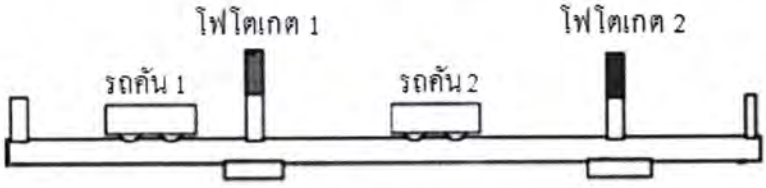
1.ชุดรางอากาศ (Air Track)	1	ชุด		
2. เครื่องปั๊มลม	1	เครื่อง		
3. โฟโตเกตพร้อมที่ยึดจับ	2	อัน		
4. เครื่องบันทึกเวลา	1	เครื่อง		
5. รถสำหรับรางชุดรางอากาศ (Air Track) ขนาดเล็ก 2 คัน		ขนาดใหญ่	1	คัน
6. Glider สำหรับติดบนรถ แบบ 2 แถบ	2	อัน		
7. แถบการชนแบบไม่ยืดหยุ่น	1	คู่		
8. เครื่องชั่ง Triple Beam	1	เครื่อง		

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดรางอากาศ (Air Track)

1. วางชุดรางอากาศ (Air Track)บนโต๊ะ หมุนสกรูที่ฐานรางเพื่อปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากระดับน้ำที่ติดไว้ปลายรางทั้งสองข้าง
2. ต่อสายท่อลมของเครื่องปั๊มลมเข้ากับท่อราง เปิดสวิตซ์เครื่องปั๊มลมแล้วนำรถมาวาง ถ้าวางรางได้ระดับรถจะอยู่นิ่ง แต่ถ้ารถยังเคลื่อนที่ให้ปรับระดับของรางจนรถอยู่นิ่ง
3. ทำการประกอบโฟโตเกตเข้ากับที่ยึดจับโฟโตเกตทั้งสองอัน แล้วนำมาติดตั้งเข้ากับรางโดยใช้การเลื่อนเข้าในร่องของรางด้านที่มีสเกลบอกระยะทาง

4. เลื่อนตำแหน่งโฟโตเกตตัวที่ 1 มาวางไว้ที่ตำแหน่ง 80 เซนติเมตร ส่วนโฟโตเกตตัวที่ 2 มาไว้ที่ตำแหน่ง 130 เซนติเมตร
5. ต่อ DIN Plug ของโฟโตเกตตัวที่1 เข้ากับช่องเสียบ P1 ด้านหลังของเครื่องบันทึกเวลา ส่วโฟโตเกตตัวที่ 2 เสียบเข้ากับช่องเสียบ P2
6. เสียบปลั๊กเครื่องบันทึกเวลาแล้วเปิดสวิตซ์ด้านหลังของเครื่อง (กดปุ่ม Function) 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่ากดปุ่ม Function ครั้งต่อไป จะเป็นการเปลี่ยน Function ให้ทำการเปลี่ยนไปใช้ Function Colision
7. ติด Glider แบบ 2 แถบ บนรถทดลองทั้งสองคันไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถโดยหันแถบให้อยู่ข้างเดียวกันกับโฟโตเกต พร้อมทั้งติดแถบการชนแบบไม่ยืดหยุ่นที่ปลายข้างที่เข้าชนของรถทั้งสองคันโดยใช้น็อตในการยึดจับ
8. ลองเลื่อนรถทั้งสองคันว่า Glider สามารถเคลื่อนผ่านช่องโฟโตเกตทั้งสองตัวหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการหมุนน็อตเลื่อนตำแหน่งจับโฟโตเกตใหม่ จนGlider สามารถผ่านได้ ดังรูป



ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

9. **กรณีรถทดลองมวล $m_1 = m_2$** โดยนำรถคันที่ 1 (m_1) วางไว้ตรงตำแหน่งกลางระหว่างโฟโตเกตทั้งสองตัวแล้วจับไว้ ส่วนรถคันที่ 2 (m_2) วางไว้ที่ปลายรางด้านขวามือ แล้วจับรถคันที่ 2 ไว้กับที่ กดปุ่ม Function 1 ครั้ง บนเครื่องบันทึกเวลา เพื่อ Reset ค่า
10. ผลักรถคันที่ 2 เข้าชนรถคันที่ 1 ซึ่งจับไว้ **(ระวัง : ควรปล่อยมือจากรถคันที่ 1 ก่อนรถคันที่ 2 จะพุ่งเข้าชน)** บันทึกเวลาที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา และชั่งมวลของรถทั้งสองคัน แล้วบันทึกผล
11. ความหมายของสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา

    P1.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 1

    P1.2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 2

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 1

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 2

12. **กรณีรถทดลองมวล $m_1 < m_2$** โดยเปลี่ยนรถคันที่ 2 เป็นรถคันใหญ่ แล้วติด Glider แบบ 2 แถบ ระยะห่างระหว่างแถบ 1 เซนติเมตร ไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถ โดยใช้น็อตในการยึดจับ แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 บันทึกผลที่อ่านได้ในโฟโตเกต
13. **กรณีรถทดลองมวล $m_1 > m_2$** โดยเปลี่ยนรถคันที่ 1 เป็นรถคันใหญ่ รถคันที่ 2 เป็นรถคันเล็ก แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 บันทึกผลที่อ่านได้ในโฟโตเกต
14. คำนวณค่าโมเมนตัม และพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน เพื่อแสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น บันทึกผลการทดลอง ในตารางบันทึกผลการทดลอง
15. สรุป วิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ใบบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 4 เรื่อง การชนใน 1 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น

รายชื่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

1. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
2. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
3. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
4. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....

ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

ระยะ Gider (d) =_____

กรณี	การชนแบบไม่ยืดหยุ่น – ก่อนการชน						
	รถคันที่	m (kg)	u (m/s)	mu (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mu^2$(J)	$\sum mu$	$\sum\frac{1}{2}mu^2$
$m_1 = m_2$	1						
	2						
$m_1 < m_2$	1						
	2						
$m_1 > m_2$	1						
	2						

กรณี	การชนแบบไม่ยืดหยุ่น – หลังการชน						
	รถคันที่	m (kg)	v (m/s)	mv (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mv^2$(J)	$\sum mv$	$\sum\frac{1}{2}mv^2$
$m_1 = m_2$	1						
	2						
$m_1 < m_2$	1						
	2						
$m_1 > m_2$	1						
	2						

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. หลังจากชนกันแล้ว ในแต่ละกรณีรถทดลองแต่ละคันเคลื่อนที่อย่างไร ขนาดของความเร็วก่อนชนและหลังการชนของรถทดลองแต่ละคันเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนและผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนในแต่ละกรณีเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.ผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนการชนและผลรวมของพลังงานจลน์หลังการชนในแต่ละกรณีเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 5

เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อตรวจสอบผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์จากการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของรถทดลองก่อนและภายหลังการชน

ทฤษฎี

การดีด (Recoil)

การดีดถือว่าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่สมบูรณ์กรณีพิเศษที่พลังงานจลน์ตอนหลังมากกว่าพลังงานจลน์ตอนเริ่มต้น $(\sum E_{k\ \text{หลังชน}} > \sum E_{k\ \text{ก่อนชน}})$

ซึ่งการดีดตัวนี้ เขียนสมการของการชนเพื่อใช้ในการคำนวณได้ คือ

โมเมนตัมรวมคงที่ $\sum P_{\text{ก่อนชน}} = \sum P_{\text{หลังชน}}$ ..... (1)

พลังงานจลน์รวมไม่คงที่ $\Delta E_k = \sum E_{k\ \text{หลังชน}} - \sum E_{k\ \text{ก่อนชน}}$ ..... (2)

รูปที่ 1 แสดงโมเมนตัมยังคงอนุรักษ์สำหรับกรณีของการดีด

รถยนต์ A และ B เข้าเกียร์ถอยหลัง อัดสปริงไว้ตรงกลางและหยุดรถโดยขึ้นเบรกมือไว้ให้เป็นตำแหน่งเริ่มต้น โมเมนตัมเท่ากับศูนย์ รถทั้งคู่ปลดเกียร์ว่างพร้อมกัน สปริงจะดีดรถให้พุ่งออกด้วยความเร็ว $\bar{v}_A$ และ $\bar{v}_B$ ถือว่าแรงเสียดทานน้อยมาก ไม่มีแรงสุทธิกระทำกับระบบ ดังนั้นโมเมนตัมของระบบคงที่

จากกฎการคงตัวของโมเมนตัม จะได้

$$m_A\bar{v}_A + m_B\bar{v}_B = 0 \quad \text{..... (5)}$$

$$\bar{v}_A = -\frac{m_B}{m_A}\bar{v}_B \quad \text{..... (6)}$$

ความเร็วกับมวลเป็นอัตราส่วนกลับกัน รถยนต์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะดีดออกไปด้วยความเร็วที่มากกว่า รถยนต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะดีดออกไปด้วยความเร็วที่น้อยกว่า เราสามารถประยุกต์การดีดไปข้างหน้าและปืนจะถูกดันให้ถอยหลัง ซึ่งก็มีขนาดเดียวกับโมเมนตัมที่ไปข้างหน้า แต่เนื่องจากมวลของปืนมากกว่ามวลของลูกปืน ดังนั้นความเร็วถอยหลังของปืนจะน้อยกว่าความเร็วของลูกปืน

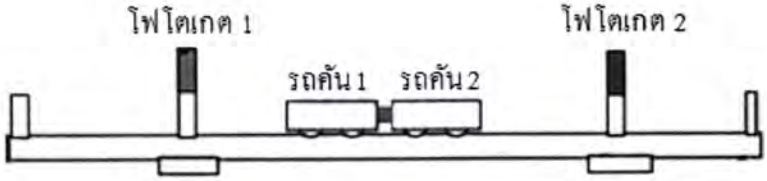
อุปกรณ์การทดลอง

1.ชุดรางอากาศ (Air Track)	1	ชุด
2. เครื่องปั๊มลม	1	เครื่อง
3. โฟโตเกตพร้อมที่ยึดจับ	2	อัน
4. เครื่องบันทึกเวลา	1	เครื่อง
5. รถสำหรับรางชุดรางอากาศ (Air Track) ขนาดเล็ก 2 คัน ขนาดใหญ่ 1 คัน		
6. Glider สำหรับติดบนรถ แบบ 2 แถบ	2	อัน
7. สปริง	1	คู่
8. เครื่องชั่ง Triple Beam	1	เครื่อง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดรางอากาศ (Air Track)

1. วางชุดรางอากาศ (Air Track)บนโต๊ะ หมุนสกรูที่ฐานรางเพื่อปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากระดับน้ำที่ติดไว้ปลายรางทั้งสองข้าง
2. ต่อสายท่อลมของเครื่องปั๊มลมเข้ากับท่อราง เปิดสวิตช์เครื่องปั๊มลมแล้วนำรถมาวาง ถ้าวางรางได้ระดับรถจะอยู่นิ่ง แต่ถ้ารถยังเคลื่อนที่ให้ปรับระดับของรางจนรถอยู่นิ่ง
3. ทำการประกอบโฟโตเกตเข้ากับที่ยึดจับโฟโตเกตทั้งสองอัน แล้วนำมาติดตั้งเข้ากับรางโดยใช้การเลื่อนเข้าในร่องของรางด้านที่มีสเกลบอกระยะทาง
4. เลื่อนตำแหน่งโฟโตเกตตัวที่ 1 มาวางไว้ที่ตำแหน่ง 80 เซนติเมตร ส่วนโฟโตเกตตัวที่ 2 มาไว้ที่ตำแหน่ง 130 เซนติเมตร
5. ต่อ DIN Plug ของโฟโตเกตตัวที่ 1 เข้ากับช่องเสียบ P1 ด้านหลังของเครื่องบันทึกเวลา ส่วนโฟโตเกตตัวที่ 2 เสียบเข้ากับช่องเสียบ P2
6. เสียบปลั๊กเครื่องบันทึกเวลาแล้วเปิดสวิตช์ด้านหลังของเครื่อง (กดปุ่ม Function) 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่ากดปุ่ม Function ครั้งต่อไป จะเป็นการเปลี่ยน Function ให้ทำการเปลี่ยนไปใช้ Function Colision
7. ติด Glider แบบ 2 แถบ <u>บนรถทดลองทั้งสองคัน</u>ไว้ที่ตำแหน่งกลางบนรถโดย<u>หันแถบให้อยู่ข้างเดียวกันกับโฟโตเกต</u> พร้อมทั้งติดสปริง 1 อันไว้ที่ปลายข้างซ้ายของรถคันที่ 2 (m_2) และที่ปลายข้างขวาของรถคันที่ 1 (m_1)
8. ลองเลื่อนรถทั้งสองคันว่า Glider สามารถเคลื่อนผ่านช่องโฟโตเกตทั้งสองตัวหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการหมุนน็อตเลื่อนตำแหน่งจับโฟโตเกตใหม่ จนGlider สามารถผ่านได้ ดังรูป



ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

9. **กรณีมวลรถทดลอง $m_1 = m_2$** โดยนำรถคันที่ 1 มาอัดกับห่วงสปริงของรถคันที่ 2 ให้รถทดลองทั้งสองคันอัดสปริงเข้าไปพอสมควร แล้วนำมาวางไว้ตรงตำแหน่งกลางระหว่างโฟโตเกตทั้งสองตัว
10. กดปุ่ม Function 1 ครั้ง เพื่อ Reset ค่า บันทึกเวลาที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา และชั่งมวลของรถทั้งสองคัน แล้วบันทึกผล
11. ความหมายของสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนจอ LED ของเครื่องบันทึกเวลา

    P1.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 1

    P1.2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 1 ครั้งที่ 2

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 1

    P2.1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ Glider เคลื่อนที่ผ่านโฟโตเกตตัวที่ 2 ครั้งที่ 2
12. **กรณีมวลรถทดลอง $m_1 \neq m_2$** โดยเปลี่ยนรถคันที่ 2 เป็นรถคันใหญ่ แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 บันทึกผลที่อ่านได้ในโฟโตเกต
13. คำนวณค่าโมเมนตัม และพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน เพื่อแสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น บันทึกผลการทดลอง ในตารางบันทึกผลการทดลอง
14. สรุป วิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ใบบันทึกผลการทดลอง

ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ

รายชื่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

1. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
2. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
3. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....
4. ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ ..... กลุ่ม.....

ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

ระยะ Gider (d) =_____

กรณี	การดีดตัวออกจากกัน – ก่อนการชน						
	รถคันที่	m (kg)	u (m/s)	mu (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mu^2$(J)	$\sum mu$	$\sum\frac{1}{2}mu^2$
$m_1 =$ m_2	1						
	2						
$m_1 \neq$ m_2	1						
	2						

กรณี	การดีดตัวออกจากกัน – หลังการชน						
	รถคันที่	m (kg)	v (m/s)	mv (kg.m/s)	$\frac{1}{2}mv^2$(J)	$\sum mv$	$\sum\frac{1}{2}mv^2$
$m_1 = m_2$	1						
	2						
$m_1 \neq$ m_2	1						
	2						

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในกรณีที่มวลของรถเท่ากัน ความเร็วของรถทั้งสองที่แยกจากกันมีขนาดเท่ากันหรือไม่

.....

.....

.....

.....

2. กรณีที่เพิ่มมวลของรถทดลองคันใดคันหนึ่งเป็น 2 เท่าหรือ 3 เท่า ความเร็วของรถทั้งสองจะเป็นอย่างไร และขนาดของโมเมนตัมเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. โมเมนตัมรวมของระบบก่อนดีดตัวเป็นศูนย์ โมเมนตัมรวมของระบบหลังดีดตัวจะเป็นเท่าไร และหลักการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้อธิบายการทดลองดังกล่าวได้หรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชากลศาสตร์
เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย มีจำนวน 25 ข้อ เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงข้อที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียวใน กระดาษคำตอบ
3. ให้คืนข้อสอบทุกฉบับ

---

1. จงหาโมเมนตัมของรถสิบล้อมวล 10,000 กิโลกรัม ที่ความเร็ว 20 เมตร/วินาที แต่ถ้าเป็นรถบรรทุกมวล 5,000 กิโลกรัม จะต้องมีความเร็วเท่าไรจึงจะมีโมเมนตัมเท่ากับรถสิบล้อ

ก. 40 เมตร/วินาที ข. 30 เมตร/วินาที

ค. 20 เมตร/วินาที ง. 10 เมตร/วินาที

2. วัตถุ A มีมวลเป็น 4 เท่า ของวัตถุ B ปล่อยทั้งคู่ให้ตกจากระดับสูงเดียวกัน ขณะเมื่อกระทบพื้นนั้น โมเมนตัมของวัตถุ A มีขนาดเป็นกี่เท่าของวัตถุ B

ก. $\frac{1}{2}$ ข. 1

ค. 2 ง. 4

3.ถุงทรายมีมวล 1 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 5 เมตร อยากทราบว่าขณะตกถึงพื้นถุงทรายจะมีโมเมนตัมเท่าใด

ก. 5 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ข. 10 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ค. 15 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ง. 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที

4. ถ้ามีวัตถุ 2 ก้อน A และ B มีโมเมนตัมเท่ากัน หากต้องการให้วัตถุ B มีพลังงานจลน์มากกว่า A ต้องกำหนดให้ค่าใดต่างกัน

ก. มวลของวัตถุ B เท่ากับ A

ข. มวลของวัตถุ B มากกว่า A

ค. ความเร็วของวัตถุ B มากกว่า A

ง. ความเร็วของวัตถุ B น้อยกว่า A

5. ไข่ไก่ และไข่ไก่ B มวลเท่ากัน ปล่อยให้ตกจากที่สูงที่ระดับเดียวกัน โดยไข่ไก่ A ตกบนฟองน้ำ ไข่ไก่ B ตกบนพื้นแข็ง ปรากฏว่าไข่ไก่ A ไม่แตก แต่ไข่ไก่ B แตก ทั้งนี้เพราะ

1. ขณะถึงพื้น, ไข่ไก่ B ถูกทำให้หยุดเร็วกว่าไข่ไก่ A

2. ขณะถึงพื้น, โมเมนตัมของไข่ไก่ Bมากกว่าไข่ไก่ A

3. แรงที่พื้นกระทำต่อไข่ไก่ B มากกว่าที่กระทำต่อไข่ไก่ A

คำตอบที่ถูกต้อง คือข้อใด

ก. ข้อ 1, 2, 3 ข. ข้อ 1, 2

ค. ข้อ 1, 3 ง. ข้อ 2

6. โค้ชบาสเกตบอล บอกกับนักกีฬาว่า "การรับบอลที่มีความเร็วสูง ให้ยื่นมือไปรับบอลแล้วดึงบอลเข้าหาตัว จะช่วยลดความรุนแรงของบอล" จากความรู้ทางฟิสิกส์ นักเรียนคิดว่าประโยคนี้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร

ก. **ไม่ถูกต้อง** เพราะเป็นการเพิ่มโมเมนตัม จะทำให้ลูกบอลกระทบมือแรงขึ้น

ข. **ไม่ถูกต้อง** เพราะการยื่นมือไปรับบอลเร็วขึ้น จะทำให้ลูกบอลกระทบมือแรงขึ้น

ค. **ถูกต้อง** เพราะเป็นการลดเวลาที่ลูกบอลสัมผัสกับมือให้สั้นลงจะช่วยลดความรุนแรงของบอล

ง. **ถูกต้อง** เพราะเป็นการเพิ่มช่วงเวลาที่ลูกบอลสัมผัสกับมือให้นานขึ้น จะช่วยลดความรุนแรงของบอล

7. ในการทดลองปล่อยลูกบอลมวล 0.5 กิโลกรัม ลงในแนวดิ่งจากที่สูง 1.8 เมตร ลงพื้นสนามแล้วทำให้ลูกบอลกระเด้งกลับขึ้นมาในแนวดิ่งสูง 0.8 เมตร จากพื้นถ้าเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยจนหยุดเป็น 2 วินาที จงหาการดลที่กระทำกับวัตถุขณะกระทบพื้น

ก. 5 นิวตัน.วินาที ข. 10 นิวตัน.วินาที

ค. 15 นิวตัน.วินาที ง. 20 นิวตัน.วินาที

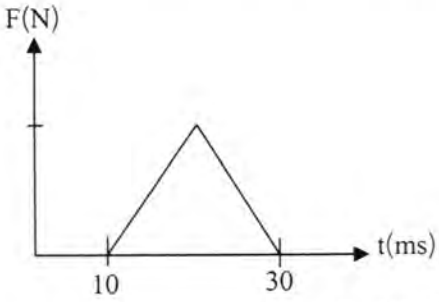
8. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. การดลเป็นปริมาณเดียวกับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป
2. เมื่อท่านยืนอยู่นิ่งๆ บนพื้น ค่าการดลที่น้ำหนักของท่านกระทำต่อพื้นจะเป็นศูนย์
3. ยิงปืน กระสุนปืนพุ่งไปข้างหน้า ตัวปืนถอยหลัง โมเมนตัมของระบบมีค่าไม่คงที่
4. มวลสองก้อนเท่ากันก้อนหนึ่งหยุดนิ่ง เมื่อชนกันแล้วติดกันไป โมเมนตัมของระบบไม่เปลี่ยน

ข้อความใดในชุดนี้**ถูกต้อง**

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1, 2 และ 4 ค. ข้อ 2, 3 และ 4 ง. ถูกต้องทุกข้อ

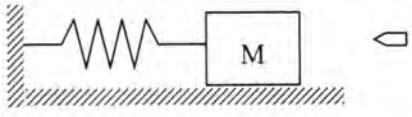
9. ลูกบอลมวล 25 กรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 25 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับ ชายคนหนึ่งใช้ไม้ตีลูกบอลนี้สะท้อนออกมาในทิศทางตรงข้าม ลูกบอลจะมีความเร็วเท่ากับ 15 เมตร/วินาที ภายหลังกระทบไม้ตีแรงที่กระทำต่อลูกบอลกับเวลาแทนด้วยกราฟ อยากทราบว่าแรงสูงสุดที่กระทำต่อลูกบอล



ก. 50 นิวตัน ข. 100 นิวตัน

ค. 150 นิวตัน ง. 200 นิวตัน

10. ยิงกระสุนปืนมวล 100 กรัม ด้วยความเร็ว 200 เมตร/วินาที ในแนวราบ ให้เข้าฝังในมวล 900 กรัม ที่ยึดติดกับสปริง ที่มีค่าคงที่สปริง 400 นิวตันต่อเมตร ถ้าพื้นราบไม่มีความฝืด จงหาว่าสปริงจะถูกกดเข้าไปได้มากที่สุดเท่าใด



ก. 1 เซนติเมตร ข. 10 เซนติเมตร

ค. 100 เซนติเมตร ง. 200 เซนติเมตร

11. หลักการคงตัวของโมเมนตัมไม่สามารถใช้ได้ในกรณีของข้อใด

ก. การชนแบบยืดหยุ่น ข. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ค. การระเบิดของลูกระเบิด ง. ไม่มีข้อใดถูก

12. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งเคลื่อนที่สวนมาด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที จงหาความเร็วของมวลทั้งสองหลังการชน ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่น

ก. 5 และ -10 เมตร/วินาที ค. -5 และ -10 เมตร/วินาที

ข. 5 และ 10 เมตร/วินาที ง. 10 และ 5 เมตร/วินาที

13. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**

ก. ในการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นทั้งโมเมนตัมและพลังงานมีค่าไม่คงตัว

ข. ในการชนกันของวัตถุสองก้อน ไม่ว่าจะเป็นการชนแบบใด พลังงานจลน์ของระบบคงที่

ค. ถ้าวัตถุที่เข้าไปชนหลังจากชนแล้วจะติดไปด้วยกันกับวัตถุที่ถูกชนแสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานจลน์

ง. การชนที่ภายหลังชนวัตถุเคลื่อนที่ติดกัน มีการสูญเสียพลังงานจลน์น้อยกว่า การชนที่ภายหลังชนวัตถุวิ่งตามกัน

14. รถทดลอง A มวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นเกลี้ยงไปทางขวาด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนรถทดลองมวล B ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชนรถทดลอง A สะท้อนกลับด้วยความเร็ว 2 เมตร/วินาที ส่วนรถทดลอง B วิ่งออกด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที จงหาว่ารถทดลอง B มีมวลกี่กิโลกรัม

ก. 10 กิโลกรัม ข. 15 กิโลกรัม

ค. 20 กิโลกรัม ง. 25 กิโลกรัม

15. รถทดลอง 2 คันมวลเท่ากัน วิ่งเข้าชนกันด้วยขนาดความเร็วเท่ากัน ภายหลังการชนรถทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร โดยถือว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นในหนึ่งมิติ

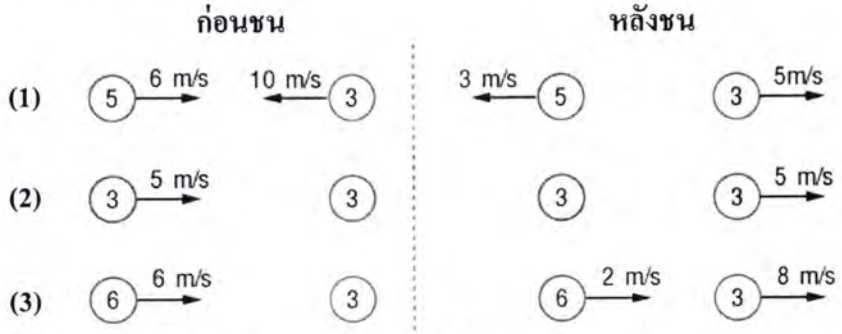
ก. รถทดลองทั้ง 2 คัน ต่างหยุดนิ่ง

ข. รถทดลองทั้ง 2 คัน ต่างกระดอนกลับด้วยความเร็วเท่าเดิม

ค. รถทดลองคันหนึ่งหยุด อีกคันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิม

ง. รถทดลองทั้ง 2 คัน ต่างกระดอนกลับด้วยความเร็วลดลงครึ่งหนึ่งของความเร็วเดิม

จากรูป 1, 2 และ 3 แสดงการชนของมวล 2 มวล ซึ่งมวลบอกด้วยตัวเลขในวงกลมและมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ใช้ตอบคำถามข้อ 16-17



16. รูปใดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นอย่างสมบูรณ์ ให้เลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด

ก. รูปที่ 1 และ 2 ข. รูปที่ 2 และ 3

ข. รูปที่ 2 ง. รูปที่ 1 และ 3

17. ข้อใดกล่าวสรุปได้**ผิด**

ก. รูปที่ 1 มีโมเมนตัมก่อนชนน้อยกว่าโมเมนตัมหลังชนของรูปที่ 2

ข. รูปที่ 3 มีพลังงานจลน์ก่อนชนน้อยกว่าพลังงานจลน์หลังชน

ค. รูปที่ 1 มีโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่

ง. รูปที่ 2 และ 3 เป็นการชนแบบยืดหยุ่น

18. ในการทดลองเพื่อศึกษาการชนกันของรถทดลอง 2 คัน รถ A มีมวล 0.5 กิโลกรัม และรถ B มวล 0.3 กิโลกรัมวิ่งเข้าชนกัน ดังรูป ภายหลังการชน มวล A จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใด

ก่อนชน หลังชน

ก. เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2 เมตร/วินาที ในทิศทางเดิม

ข. เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.4 เมตร/วินาที ในทิศทาง เดิม

ค. เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2 เมตร/วินาที ในทิศตรงข้ามกับทิศเดิม

ง. เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.4 เมตร/วินาที ในทิศตรงข้ามกับทิศเดิม

19. ในการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น ข้อใดสรุปได้**ถูกต้อง**

ก. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว

ข. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว

ค. โมเมนตัมมีค่าคงตัวแต่พลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว

ง. พลังงานจลน์มีค่าคงตัวแต่โมเมนตัมมีค่าไม่คงตัว

20. รถราง A มีมวล m วิ่งไปบนรางในแนวระดับด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที เข้าชนรถราง B มวล 4m ซึ่งอยู่นิ่งในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล หลังชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็ว 1 เมตร/วินาที ระบบนี้มีการสูญเสียพลังงานไปกี่เปอร์เซนต์

ก. 20 เปอร์เซนต์ ข. 40 เปอร์เซนต์

ค. 60 เปอร์เซนต์ ง. 80 เปอร์เซนต์

21. รถจักรยานยนต์คันหนึ่ง วิ่งเข้าชนอย่างแรงกับท้ายรถสิบแปดล้อที่จอดอยู่นิ่งกับที่ ภายหลังการชนรถจักรยานยนต์กระดอนกลับไปทางเดิม ด้วยอัตราเร็วน้อยกว่าก่อนเกิดการชน ส่วนรถสิบแปดล้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว จากสถานการณ์นี้ กำหนดให้

P_i คือ ขนาดของโมเมนตัมรวมก่อนการชนกัน

P_f คือ ขนาดของโมเมนตัมรวมหลังการชนกัน

E_{ki} คือ พลังงานจลน์รวมก่อนการชนกัน

E_{kf} คือ พลังงานจลน์รวมหลังการชนกัน

ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. $P_f < P_i$ และ $E_{kf} < E_{ki}$ ข. $P_f < P_i$ และ $E_{kf} = E_{ki}$

ค. $P_f = P_i$ และ $E_{kf} = E_{ki}$ ง. $P_f = P_i$ และ $E_{kf} < E_{ki}$

22. ลูกระเบิดลูกหนึ่ง กลิ้งในแนวระดับไปบนพื้นราบที่ไม่มีแรงเสียดทานด้วยความเร็ว v ทิศไปทางขวามือ แล้วระเบิดออกเป็นสองส่วน โดยส่วนที่ 1 มีความเร็ว 4v เคลื่อนที่ต่อไปในแนวเดิม อีกส่วนที่ 2 มีความเร็ว 2v ทิศไปทางซ้ายมือ อัตราส่วนของมวล ส่วนที่ 1 : ส่วนที่ 2 เท่ากับเท่าใด

ก. 1 : 1 ข. 1 : 2

ค. 2 : 1 ง. 2 : 3

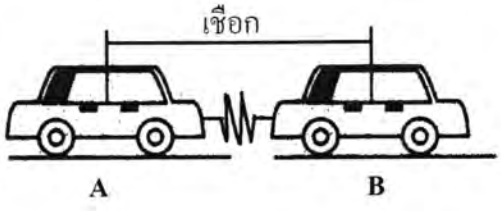
23. เมล็ดพืชชนิดหนึ่ง ขณะกำลังตกลงสู่พื้นด้วยความเร็วตามแนวดิ่งขนาด 20 เมตร/วินาที เกิดการดีดตัวแยกออกจากกันของเมล็ดเป็นสองส่วนเท่ากัน โดยส่วนหนึ่งของเมล็ดมีความเร็ว 60 เมตร/วินาที ในทิศเดิม ถามว่าอีกส่วนหนึ่งจะมีขนาดความเร็วเท่าใด

ก. 10 เมตร/วินาที
ข. 20 เมตร/วินาที
ค. 30 เมตร/วินาที
ง. 40 เมตร/วินาที

24. สปริงตัวหนึ่งถูกอัดไว้ ระหว่างรถ A กับรถ B มวล 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยสปริงไม่ได้ผูกติดไว้กับรถทดลองทั้งสอง เมื่อปล่อยให้รถทดลองทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกันด้วยแรงดันของสปริง พบว่ารถ B มีอัตราเร็ว 0.5 เมตร/วินาที จงหางานที่สปริงกระทำต่อระบบ

ก. 0.25 จูล
ข. 0.50 จูล
ค. 0.75 จูล
ง. 0.85 จูล

25. รถทดลอง A มีขนาดเป็น 2 เท่าของรถทดลอง B อัดด้วยสปริงและผูกเชือกไว้ เมื่อตัดเชือกขาด จงหาอัตราส่วนความเร็วของ A ต่อ B



ก. $\frac{1}{4}$
ข. $\frac{1}{2}$
ค. 2
ง. 4

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชากลศาสตร์ ว30201

เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 50 นาที

ข้อที่	เฉลย	ข้อที่	เฉลย
1	ก	14	ก
2	ง	15	ข
3	ข	16	ข
4	ค	17	ก
5	ค	18	ง
6	ง	19	ค
7	ก	20	ง
8	ข	21	ง
9	ข	22	ก
10	ค	23	ข
11	ง	24	ค
12	ก	25	ข
13	ค		

ภาคผนวก ง

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

การประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีการประเมิน 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการทดลอง ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยแยกการประเมินเป็น 3 ส่วน ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> **ประเมินทักษะการทดลอง** โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินดังต่อไปนี้

1. การวางแผนวิธีดำเนินการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

1) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสม ชัดเจน
2) มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
3) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม

2. การปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น

2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

1) ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
2) ใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆได้อย่างถูกต้อง
3) อ่านค่าจากเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง
4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและอุปกรณ์ทดลองไม่ชำรุด

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วยดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
2) บันทึกผลเป็นระยะๆ อย่างถูกต้องและเป็นไปตามการทดลอง
3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 4 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 3 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 2 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก 1 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึงไม่มีพฤติกรรมแสดงออก มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

การบันทึกผลการประเมิน

1. ผู้ประเมินประกอบด้วยครูผู้สอนและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ประเมินแต่ละกลุ่ม
2. สรุปคะแนนโดยนำคะแนนจากผู้ประเมินมาหาค่าเฉลี่ย
3. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพความเป็นจริง
4. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกในเอกสาร (ดังแนบ)

<u>ส่วนที่ 2</u> ประเมินทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินจากรายงานผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

การประเมินด้านการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล (ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง) โดยมีองค์ประกอบของรายงาน ดังนี้

1) นำข้อมูลที่ได้จากการวัด การทดลอง มาจัดกระทำใหม่ เช่นมาเรียงลำดับหรือคำนวณหาค่าใหม่ได้ครบถ้วนสอดคล้องกับตารางบันทึกผลการทดลอง
2) เลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูล เช่นแผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ได้อย่างเหมาะสม
3) ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบการเสนอข้อมูลที่เลือกไว้ เช่น แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ได้ถูกต้องในด้านวิชาการ
4) บอกบรรยายลักษณะของสิ่งหนึ่งสิ่งใดด้วยข้อความที่เหมาะสมและกะทัดรัด สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

<u>ส่วนที่ 3</u> ประเมินทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินจากรายงานผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

การประเมินด้านการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การวิเคราะห์ สรุปและอภิปรายการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง) โดยมีองค์ประกอบของรายงาน ดังนี้

1) แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้
2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลการทดลองที่มีอยู่ หรือการลงข้อสรุปได้ถูกต้อง
3) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือการลงข้อสรุปได้ถูกต้อง ครบถ้วนสอดคล้องตามจุดประสงค์การทดลอง
4) สามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดนำมาตอบคำถามท้ายการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน

เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึงเขียนถูกต้อง 4 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึงเขียนถูกต้อง 3 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึงเขียนถูกต้อง 2 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึงเขียนถูกต้อง 1 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึงเขียนไม่ถูกต้องทุกองค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับปรับปรุง

การบันทึกผลการประเมิน

1. ผู้ประเมินประกอบด้วยครูผู้สอนและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ประเมินแต่ละกลุ่ม
2. สรุปคะแนนโดยนำคะแนนจากผู้ประเมินทั้งมาหาค่าเฉลี่ย
3. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพความเป็นจริง
4. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกในเอกสารส่วนที่ 2 และ 3 (ดังแนบ)

แบบบันทึกผลการประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย / ลงในช่องการแสดงออกที่ตรงกับพฤติกรรมที่ประเมิน และรวมคะแนนในแต่ละด้านลงในช่องรวม

ส่วนที่ 1 ประเมินทักษะการทดลอง พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
1. ด้านการวางแผนการทดลอง ประกอบด้วย			
1.1 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน.....	.....	.....	
1.2 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง.....	.....	.....	
1.3 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม.....	.....	.....	
1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม.....	.....	.....	
รวม			

ส่วนที่ 1 ประเมินทักษะการทดลอง พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น			
2.1 เทคนิคการทดลอง ประกอบด้วย			
1. ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน.....	.....	.....	
2. ใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกวิธี.....	.....	.....	
3. อ่านค่าจากเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง.....	.....	.....	
4. ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและอุปกรณ์ทดลองไม่ชำรุด.....	.....	.....	
รวม			

ส่วนที่ 1 ประเมินทักษะการทดลอง พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประกอบด้วย 1. ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว ..... 2. บันทึกผลเป็นระยะๆ อย่างถูกต้องและเป็นไปตามการทดลอง ..... 3. มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง ..... 4. ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	....	....	
รวม			

ส่วนที่ 1 ประเมินทักษะการทดลอง พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประกอบด้วย 1. จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ ..... 2. จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง ..... 3. จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี ..... 4. ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดเรียบร้อย	....	....	
รวม			

ส่วนที่ 2 ประเมินทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
1.นำข้อมูลที่ได้จากการวัด การทดลอง มาจัดกระทำใหม่ เช่นมาเรียงลำดับ หรือคำนวณหาค่าใหม่ได้ครบถ้วนสอดคล้องกับตารางบันทึกผลการทดลอง	.....	.....	
2. เลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูล เช่นแผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ได้อย่างเหมาะสม.....	.....	.....	
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบการเสนอข้อมูลที่เลือกไว้ เช่น แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ได้ถูกต้องในด้านวิชาการ	.....	.....	
4. บอกบรรยายลักษณะของสิ่งหนึ่งสิ่งใดด้วยข้อความที่เหมาะสมและกะทัดรัด สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้.....	.....	.....	
รวม			

ส่วนที่ 3 ประเมินทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้	.....	.....	
2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลการทดลองที่มีอยู่ หรือการลงข้อสรุปได้ถูกต้อง	.....	.....	
3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือการลงข้อสรุปได้ถูกต้อง ครบถ้วนสอดคล้องตามจุดประสงค์การทดลอง.....	.....	.....	
4. สามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดนำมาตอบคำถามท้ายการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน.....	.....	.....	
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม.....

.....

.....

ลงชื่อ..... (ผู้สังเกตและบันทึก)

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง
เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

****

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจนี้สร้างขึ้นเพื่อสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT ในรายวิชา กลศาสตร์ รหัสวิชา ว 30102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. วิธีตอบแบบสอบถามให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับระดับ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละประเด็น โดยมีระดับ ความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ดังนี้

   ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด
   ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมาก
   ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง
   ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย
   ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อยที่สุด
3. กรุณาวิจารณ์และให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ ให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

(นางนุชจรี เบญมาตย์)
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
1. ด้านสาระการเรียนรู้					
1.1 เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย					
1.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน					
1.3 เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน					
2.2 กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน					
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน					
2.4 เวลาที่ใช้ ในการเรียนรู้จากกิจกรรมมีความเหมาะสม					
3. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
3.1 ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น					
3.2 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน					
3.3 สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม					
3.4 ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
4.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย					
4.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง					
4.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน					

ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการใช้ชุด Air Track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT

ตารางที่ ฉ.1 ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

เลขที่	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้					รวม	Pre-test	post-test
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4				
	10	**10**	**10**	**5**	**5**	**40**	**25**	**25**
1	8	8	9	4	4	33	7	18
2	9	9	8	5	4	35	11	24
3	10	8	9	5	4	36	10	24
4	10	9	10	4	5	38	16	25
5	9	9	9	5	4	36	10	22
6	10	8	8	4	4	34	9	22
7	9	8	8	5	5	35	10	22
8	8	9	9	4	5	35	6	18
9	9	8	8	4	4	33	8	18
10	10	9	9	4	5	37	7	19
11	8	8	9	5	4	34	8	19
12	9	9	8	4	4	34	8	18
13	9	8	9	5	4	35	14	24
14	8	10	8	4	5	35	11	21
15	8	9	8	5	4	34	9	22
16	10	8	8	4	4	34	11	21
17	8	9	9	5	4	35	13	23
18	9	9	9	4	5	36	8	24
19	9	10	10	4	5	38	11	24
20	10	9	9	5	4	37	10	20
21	9	8	8	4	4	33	17	25
22	9	9	9	5	4	36	11	21
23	10	8	10	4	5	37	13	25
$\bar{X}$	9.04	8.65	8.74	4.43	4.35	35.22	10.35	21.70

ตารางที่ ฉ.1 ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้					รวม	Pre-test	post-test
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4				
	10	**10**	**10**	**5**	**5**	**40**	**25**	**25**
SD	0.77	0.65	0.69	0.51	0.49	1.54	3.50	2.29
ร้อยละ	90.43	86.52	87.39	88.70	86.96	88.04	41.40	86.80

ตารางที่ ฉ.2 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)

ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็มของแบบทดสอบ	ผลรวมของคะแนนหลังเรียน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน	E.I
575	499	238	0.7745

หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) = $\frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$

$= \frac{499-238}{(23 \times 25)-238}$

$= 0.7745$

ภาคผนวก ช

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชากลศาสตร์ เรื่องโมเมนตัม และการชนใน 1 มิติ

ตารางที่ ช.1 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ช.1 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ต่อ)

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
20	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย				2.84	0.94	ใช้ได้

การวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ช.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt})ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (p)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (p)
1	0.6	0.4	14	0.7	0.6
2	0.55	0.5	15	0.6	0.4
3	0.3	0.6	16	0.55	0.5
4	0.45	0.7	17	0.45	0.7
5	0.60	0.4	18	0.4	0.6
6	0.4	0.6	19	0.35	0.7
7	0.35	0.7	20	0.4	0.8
8	0.40	0.36	21	0.55	0.5
9	0.65	0.3	22	0.7	0.6
10	0.75	0.3	23	0.6	0.4
11	0.5	0.4	24	0.35	0.7
12	0.55	0.3	25	0.55	0.5
13	0.5	0.4			

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder – Richardson = 0.94

ภาคผนวก ซ
การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ซ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบรายบุคคลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		%pre	%post	%post – % pre	100 – % pre	<g>	ระดับ
	ก่อน	หลัง						
	25 คะแนน	25 คะแนน						
1	7	18	28.00	72.00	44.00	72.00	0.61	Medium
2	11	24	44.00	96.00	52.00	56.00	0.93	High
3	10	24	40.00	96.00	56.00	60.00	0.93	High
4	16	25	64.00	100.00	36.00	36.00	1.00	High
5	10	22	40.00	88.00	48.00	60.00	0.80	High
6	9	22	36.00	88.00	52.00	64.00	0.81	High
7	10	22	40.00	88.00	48.00	60.00	0.80	High
8	6	18	24.00	72.00	48.00	76.00	0.63	Medium
9	8	18	32.00	72.00	40.00	68.00	0.59	Medium
10	7	19	28.00	76.00	48.00	72.00	0.67	Medium
11	8	19	32.00	76.00	44.00	68.00	0.65	Medium
12	8	18	32.00	72.00	40.00	68.00	0.59	Medium
13	14	24	56.00	96.00	40.00	44.00	0.91	High
14	11	21	44.00	84.00	40.00	56.00	0.71	High
15	9	22	36.00	88.00	52.00	64.00	0.81	High
16	11	21	44.00	84.00	40.00	56.00	0.71	High
17	13	23	52.00	92.00	40.00	48.00	0.83	High
18	8	24	32.00	96.00	64.00	68.00	0.94	High
19	11	24	44.00	96.00	52.00	56.00	0.93	High

ตารางที่ ซ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบรายบุคคลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องโมเมนตัมและการชน 1 มิติ (ต่อ)

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		%pre	%post	%post – % pre	100 – % pre	<g>	ระดับ
	ก่อน	หลัง						
	25 คะแนน	25 คะแนน						
20	10	20	40.00	80.00	40.00	60.00	0.67	Medium
21	17	25	68.00	100.00	32.00	32.00	1.00	High
22	11	21	44.00	84.00	40.00	56.00	0.71	High
23	13	25	52.00	100.00	48.00	48.00	1.00	High
Mean	10.35	21.70	41.39	86.78	45.39	58.61	0.77	High
SD	3.50	2.29	11.22	9.90	7.30	11.22	0.14	-
Max	17	25	68.00	100.00	64.00	76.00	1.00	High
Min	6	18	24.00	72.00	32.00	32.00	0.59	Medium

ภาคผนวก ฌ

ประสิทธิภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT

ตารางที่ ฌ.1 ดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อ การใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT

รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	แปลผล	หมายเหตุ
	1	2	3				
1. ด้านสาระการเรียนรู้							
1.1 เนื้อหามีความน่าสนใจ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.3 เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ได้ด้วยตัวเอง	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.2 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.3 เวลาที่ใช้ ในการเรียนรู้จากชุดปฏิบัติการแต่ละชุดมีความเหมาะสม	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้							
3.1 สื่อการสอนมีความทันสมัย	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.2 สื่อการสอนดึงดูดความสนใจทำให้สนุกในการเรียน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.3 สื่อการสอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.4 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้							
4.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	1	1	1	2	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้

ตารางที่ ฌ.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค LT

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	ข้อคำถามจริง
1	0.94	1
2	0.94	2
3	0.94	3
4	0.90	4
5	0.79	5
6	0.95	6
7	0.94	7
8	0.88	8
9	0.93	9
10	0.94	10
11	0.91	11
12	0.95	12
13	0.95	13
14	0.90	14
15	0.92	15

ความเชื่อมั่น (α) ทั้งฉบับ เท่ากับ .987

ภาคผนวก ญ

ผลความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ชุด Air track
ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ
ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT

ตารางที่ ญ.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT

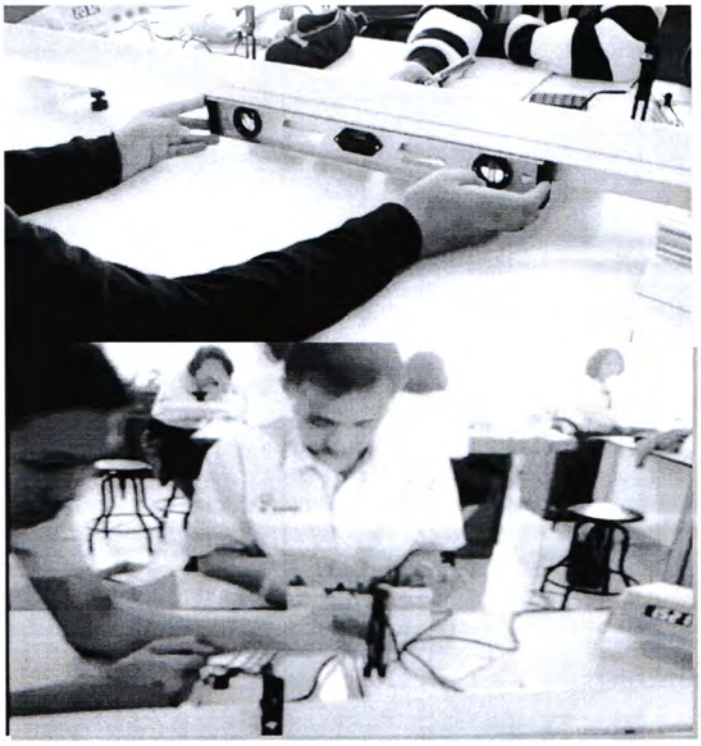
รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	ความพึงพอใจ	อันดับที่
1. ด้านสาระการเรียนรู้					
1.1 เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย	3.83	76.60	0.39	มาก	10
1.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	4.29	85.80	0.45	มาก	6
1.3 เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน	3.37	67.40	0.47	ปานกลาง	14
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.54	90.00	0.57	มาก	4
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน	3.75	75.00	0.49	มาก	12
2.2 กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน	4.55	91.00	0.52	มาก	2
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	3.30	83.20	0.47	มาก	8
2.4 เวลาที่ใช้ ในการเรียนรู้จากกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.16	66.00	0.39	ปานกลาง	15
3. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
3.1 สื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น	4.52	90.40	0.51	มากที่สุด	3
3.2 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน	4.78	95.60	0.42	มากที่สุด	1
3.3 สื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม	4.39	87.80	0.50	มาก	5
3.4 ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้	4.20	84.00	0.47	มาก	7

ตารางที่ ญ.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ชุด Air track ปฏิบัติการทดลอง เรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติ ร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค LT (ต่อ)

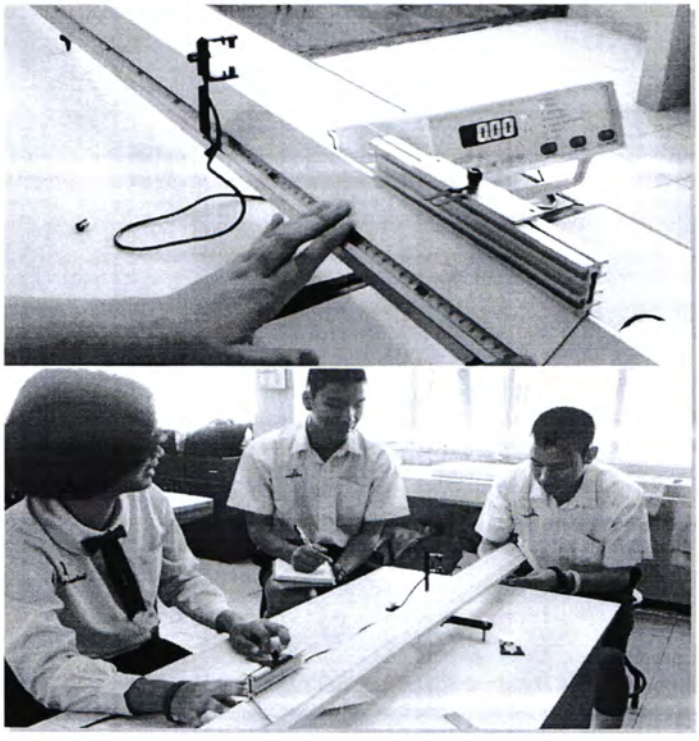
รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	ความพึงพอใจ	อันดับที่
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
4.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผล	3.65	73.00	0.49	มาก	13
ที่หลากหลาย	3.91	78.20	0.51	มาก	9
4.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	3.78	75.60	0.47	มาก	11
4.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน					
รวมเฉลี่ย	**4.05**	**81.00**	**0.47**	**มาก**	

ภาคผนวก ฎ

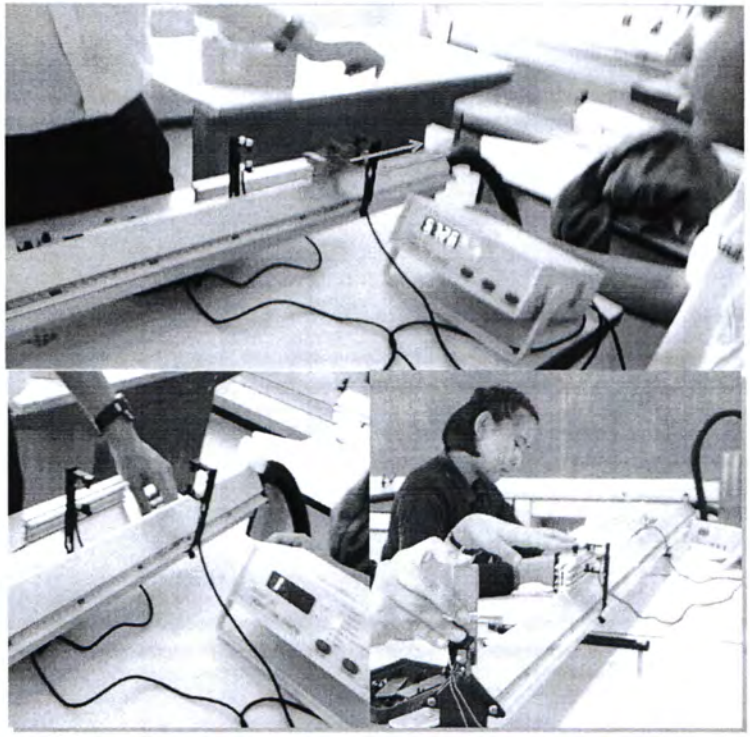
ตัวอย่างภาพกิจกรรม อุปกรณ์การทดลอง และตัวอย่างผลงานนักเรียน



ภาพที่ ฎ.1 การติดตั้งอุปกรณ์ชุด Air Track โดยการปรับรางให้อยู่ในแนวระดับ



ภาพที่ ฎ.2 นักเรียนทำการทดลองที่ 1 เรื่องโมเมนตัม



ภาพที่ ฎ.3 นักเรียนทำการทดลองที่ 2 เรื่องการดลและแรงดล

ภาพที่ ฎ.4 นักเรียนทำการทดลองที่ 3 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น

ภาพที่ ฎ.5 นักเรียนทำการทดลองที่ 4 เรื่องการชนใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น

ภาพที่ ฎ.6 นักเรียนทำการทดลองที่ 5 เรื่องการดีดตัวออกจากกันของวัตถุใน 1 มิติ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางนุชจรี เบญมาตย์

ประวัติการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2544 – 2547
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์)
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2548-2549
ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2552 – 2556
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
สาขาวิชาเอกฟิสิกส์

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2549 – ปัจจุบัน
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร
อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน ครูชำนาญการ
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร
อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร
โทรศัพท์ 08 – 5757 – 3583
อีเมล์ nungninga_noot@hotmail.com