

การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง
เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

USING PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN LEARNING MODEL COMBINED
WITH INTERACTIVE SIMULATION TO ENHANCE SECONDARY HIGH
SCHOOL STUDENTS SCIENTIFIC UNDERSTANDING ON MOMENTUM
AND COLLISIONS

ศราวุธ ปุคมาล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2567

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อ
จำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย

ศราวุธ ปุดมาเล

สาขาวิชา

การสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ คำเจริญ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พัดดาวน นาใจแก้ว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ คำเจริญ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติเดชานรงค์)

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย : ศรารุช ปุฒมาเล

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา : ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัฒน์พรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ คำเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน 2) ส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 23 คน ได้มาโดยการเลือกอย่างเจาะจง เครื่องมืองานวิจัย ประกอบด้วย รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ และแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษา พบว่า หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนมีคะแนนด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยมากกว่าร้อยละ 90 และจากการศึกษาผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 62.77 โดยค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้ออยู่ในระดับสูง จำนวน 1 ข้อ และระดับปานกลางจำนวน 9 ข้อ ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 47.83 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลเฉลี่ยเท่ากับ 0.59 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 31.30 และในแบบทดสอบ 10 ข้อ พบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มี

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้น 5 ถึง 7 ข้อ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบสนองเหมือนจริง เรื่อง โหมดดับและการชนสามารถส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ที่ผู้เรียนสามารถฝึกฝนจนเกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถนำความรู้เดิมไปต่อยอดทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ได้

คำสำคัญ : การเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE), ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์, ความก้าวหน้าทางการเรียน, โหมดดับและการชน, สื่อจำลองโต้ตอบเหมือนจริง



The Title : Using Predict-Observe-Explain Learning Model Combined with Interactive Simulation to Enhance Secondary High School Students Scientific Understanding on Momentum and Collision

The Author : Sarawut Pudmale

Program : Science Teaching

Study Field : Physics

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr.Jiraporn Poonyawatpornkul Chairperson

: Assistant Professor Dr.Chanwit Kamcharean Co – advisor

ABSTRACT

This research aimed to 1) study the Predict-Observe-Explain (POE) learning model combined with interactive simulations on momentum and collisions, and 2) promote and compare the scientific understanding of high school students through the Predict-Observe-Explain (POE) learning model combined with interactive simulations on momentum and collisions. The sample for this research was 23 year 12 students from a school in Chiang Mai province, They were selected purposive sampling technique in the 2023 academic year. Data collection tools included 5 POE learning model sessions combined with interactive simulations on momentum and collisions and a pre-and-post scientific understanding assessment test. The results of the study found that after using the POE learning model combined with interactive simulation on momentum and collisions students' scores in the cognitive domain, Psychomotor Domain, and affective domain were more than 90 percent. From the study on the promotion and comparison of scientific understanding of students through the POE learning model combined interactive simulation on momentum and collisions, it was analyzed that the average score and percentage of scientific understanding assessment increased from 10% to 62.77%. the progress of scientific understanding through learning progress was a high gain in 1 aspect and a medium gain in 9 aspects. the majority of the sample group, 47.83%, had medium gain. It was also found that scientific understanding (SU)

increased from approximately 0% to 31.30% and the 10-question test found that 34.78% of students increased their scientific understanding by 5 to 7 points. The study results demonstrated that the POE learning model combined with interactive simulation on momentum and collisions can promote scientific understanding among high school students, which aligns with the theory of constructing knowledge where students can develop knowledge independently and build upon existing knowledge to create new knowledge.

Keywords : Predict-Observe-Explain (POE), Scientific Understanding, Normalized Gain, Momentum and Collisions, Interactive Simulations.



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ คำเจริญ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พัดดาวน นาใจแก้ว ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ ได้กรุณาให้คำชี้แนะอย่างดียิ่งจนวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และบุคลากร รวมถึงกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนถึงครูอาจารย์ เพื่อนพี่น้อง ที่มีส่วนในการให้กำลังใจ ผลักดันผู้วิจัยให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศราวุธ ปุคมาเล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	๗
ABSTRACT	๘
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	๙
สารบัญภาพ	๙
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	5
2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE.....	7
ความหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการ	
เรียนรู้ แบบ POE.....	7
ขั้นตอนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE.....	8
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ	
POE.....	10
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง	
(Simulation).....	12
ความหมายและที่มาของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง.....	12
การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	6
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง.....	14
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์.....	16
ความหมายและที่มาของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์.....	16
เกณฑ์การวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์.....	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์.....	17
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	19
ความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย.....	19
การศึกษาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ และเทคโนโลยี พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย.....	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
รูปแบบการวิจัย	24
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	25
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	25
การเก็บรวบรวมข้อมูล	26
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	26
การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	
และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย.....	30
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	35
ผลการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ร่วมกับ สื่อ	
จำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัม และการชน.....	35
ผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของ	
ผู้เรียนผ่านรูปแบบการ เรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ร่วมกับ	
สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน.....	55
5 สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ	98
สรุปผลการวิจัย	98
อภิปรายผล	100
ข้อเสนอแนะ	104
บรรณานุกรม	105
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย.....	111
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	117
ภาคผนวก ค ผลการดำเนินงานวิจัย	124
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	127
ภาคผนวก จ หนังสือรับรองจริยธรรมในการวิจัย	277
ประวัติผู้วิจัย	278

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงมาตรฐาน สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ผลการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การชน ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).....	20
3.1 ตารางแสดงระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ.....	32
3.2 ตารางการแปลความหมายของคำอ่านจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบ.....	33
3.3 ตารางการแปลความหมายของคำอ่านจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบเป็น ปรนัยยิ่งขึ้น.....	33
4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลอง โต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม.....	36
4.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลอง โต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การคล แรงคล.....	39
4.3 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลอง โต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม.....	42
4.4 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลอง โต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การชนแบบยืดหยุ่น.....	46
4.5 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลอง โต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น.....	50
4.6 ผลคะแนนแบบทดสอบ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ แบบทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อ จำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายบุคคล.....	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.7	คะแนนค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและการแปลผลของแบบทดสอบก่อน และหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือน จริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายชื่อ..... 57
4.8	คะแนนค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและการแปลผลของแบบทดสอบก่อน และหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือน จริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายบุคคล..... 59
4.9	การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการ เรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและ การชน..... 61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	5
3.1	สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและพลังงาน : การชนแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น.....	27
3.2	ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29
4.1	(ก) ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตาม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม (ข) ตัวอย่างผลงานนักเรียนในการ สรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม ในรูปของ Infographic.....	39
4.2	ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 2 การคล แรงคล (ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับ โมเมนตัมและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ (ข) กิจกรรมตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างแรงคลกับ โมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา (ค) ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาและการ คำนวณค่าการคล.....	41
4.3	ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎ การอนุรักษ์โมเมนตัม (ข) กิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (ค) ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของกิจกรรมตอนที่ 2.....	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 4 การชนแบบยืดหยุ่น	
(ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ	
(ข) ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2	
(ค) ตัวอย่างการอธิบายผลการทดลองของกิจกรรมตอนที่ 2.....	49
4.5 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการ จัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนไม่แบบยืดหยุ่น	
(ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ	
(ข) ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2.....	53
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้.....	54
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างกับ แบบทดสอบ.....	58
4.8 แนวคำตอบของกลุ่มตัวอย่างสำหรับแบบทดสอบข้อที่ 7.....	59
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและระดับความก้าวหน้า ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล.....	60
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของ แบบทดสอบข้อที่ 1.....	63
4.11 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ใน ระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 1.....	64
4.12 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ใน ระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 1.....	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 1.....	65
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 2.....	66
4.15 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 2.....	66
4.16 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 2.....	67
4.17 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 2.....	67
4.18 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 2.....	68
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 3.....	69
4.20 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 3.....	70
4.21 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 3.....	70
4.22 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 3.....	71
4.23 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 3.....	71
4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเรากับเวลาในแบบทดสอบข้อที่ 4	72
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 4.....	73

สารบัญญภาพ (ต่อ)

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.52 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 8.....	88
4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 9.....	89
4.54 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 9.....	90
4.55 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 9.....	90
4.56 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 9.....	91
4.57 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 9.....	91
4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 10.....	92
4.59 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 10.....	93
4.60 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 10.....	94
4.61 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 10.....	94
4.62 ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 10.....	95
4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเฉลี่ยของจำนวนผู้เรียนและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.64	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อของแบบทดสอบที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ของกลุ่มตัวอย่างแยกเป็น รายบุคคล.....	97



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2563) ได้สรุปภาพรวมของการศึกษาไทย พบว่าการจัดการเรียนการสอนยังขาดความยืดหยุ่น ไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกสมัยใหม่และรวมทั้งความหลากหลายของนักเรียน โดยครูต้องจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดทักษะ ความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน การแก้ปัญหา และในชีวิตประจำวันได้

ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์นั้น ความเข้าใจในตัวทฤษฎีและองค์ความรู้ทางฟิสิกส์เป็นปัญหาหลักที่ผู้เรียนหลายคนกำลังเผชิญ เนื่องจากไม่สามารถที่จะเข้าใจหลักการทางทฤษฎีและองค์ความรู้ทางฟิสิกส์ได้อย่างถ่องแท้ จึงมุ่งเน้นไปที่การจดจำข้อมูลโดยไม่เน้นความเข้าใจในแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการสะสมของปัญหาด้านความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่การจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ผู้สอนต้องมีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้ใหม่โดยเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงและสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในตัวเนื้อหาด้วยตัวเอง โดยหวังว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเกิดความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองแล้วจะทำให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดความรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นอีกหนทางเลือกในการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน เพราะผู้เรียนจะได้เรียนรู้โดยผ่านกระบวนการ ทำนาย (Predict, P) การสังเกต (Observe, O) และการอธิบาย (Explain, E) Alamsyah et al. (2021) ได้ทำการศึกษาโดยละเอียดพบว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบ POE ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง และมีหลายงานวิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบ POE มาใช้ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Simulation) อาทิ Muliwati et al. (2019) ได้ออกแบบใบงานผ่าน PhET simulation โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ POE โดยพบว่าใบงานที่ออกแบบมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนรู้โดยเฉลี่ย 88.5% ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และ Alfianti et al. (2020) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ PhET simulation ใน

การพัฒนาการเกิดสมรรถนะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีผลตอบรับเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้

ในการศึกษาเรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนต้องเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับการเข้าใจกระบวนการการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางฟิสิกส์ จึงจะทำให้ผู้เรียน สามารถเข้าใจในตัวหลักการทฤษฎีอย่างแท้จริงรวมทั้งสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่เกี่ยวข้องได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนใน รายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. เพื่อส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น

สมมติฐานการวิจัย

1. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่เพิ่มขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนสายการเรียน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปลาย โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 283 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนสายการเรียน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เลือกแบบเจาะจงโดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง จำนวน 23 คน

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เป็นการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย โมเมนตัม การคล แรงคล กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม และการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

ขอบเขตด้านเวลา

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

ขอบเขตด้านสถานที่

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิจัย ณ โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่

นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะไว้ดังต่อไปนี้

รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) หมายถึง เป็นการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ตามการนำเสนอของ John Haysom and Michael Bowen (2010) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น คือขั้นเริ่มต้นจากประสบการณ์ของผู้เรียนเกี่ยวกับการทดลองหรือการศึกษา ขั้นนี้ผู้สอนจะช่วยผู้เรียนให้แสดงถึงประสบการณ์และความเข้าใจเดิมของผู้เรียนที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดด้านการทดลองหรือความรู้ที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 แนะนำการทดลอง ขั้นแนะนำการทดลองให้ผู้เรียนพยายามเชื่อมโยงการทดลองกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่

ขั้นที่ 3 การทำนาย ขั้นนี้ผู้เรียนจะแลกเปลี่ยนและนำเสนอแนวคิดของตนก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองหรือทำใบงานหรือบันทึกผลการทดลองโดยทำนายว่าผลที่จะเกิดขึ้นเป็นอย่างไร

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อผู้สอนและผู้เรียน โดยที่ผู้เรียนจะได้รวบรวมความคิดและเกิดความคิด

ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 อภิปรายผลการทำนาย ขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการแลกเปลี่ยนผลการทำนายเพื่อทำการอภิปรายผลการทำนายและนำเสนอผลการทำนายและเหตุผลที่นำมาทำนายโดยผู้สอนจะต้องกระตุ้นและผลักดันให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในการนำเสนอผลการทำนาย ถึงแม้ว่าผลการทำนายนั้นจะถูกต้องหรือไม่ก็ตาม โดยต้องทำให้นักเรียนไม่เกิดความวิตกกังวลหรือด้อยค่าของคำทำนายของตนเอง จากนั้นผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทั้งหมดร่วมกันอภิปรายผลการทำนายและเลือกผลการทำนายที่ดีที่สุดซึ่งอาจจะช่วยการโหวตเลือกผลถ้าการทำนายที่ดีที่สุดก็ได้

ขั้นที่ 5 สังเกตการณ์ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้สังเกตและลงมือทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริงโดยผู้เรียนจะเขียนแบบบันทึกการสังเกตหรือแบบบันทึกผลการทดลอง

ขั้นที่ 6 อธิบาย ขั้นนี้ผู้เรียนจะปรับแต่งแนวคิดของตนผ่านการพูดหรือเขียน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะพบว่าผู้เรียนจะมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้ก่อนที่จะลงมือเขียน อภิปรายหรืออธิบายผลการทดลอง ถ้าผู้เรียนเขียนอธิบายเสร็จแล้วควรทำการอภิปรายทั้งห้องอีกครั้ง

ขั้นที่ 7 เสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นนี้ผู้สอนจะทำการแนะนำการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วให้ผู้เรียนทำการตรวจสอบความเหมือนและความแตกต่างของการอธิบายของผู้เรียนและการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 8 ติดตามผล ในขั้นสุดท้ายนี้เป็นขั้นติดตามผลเพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน

สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Simulation) หมายถึง สื่อจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของวัตถุที่ชนกันและมีการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณทางฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จากโปรแกรม GeoGebra

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของผู้เรียนในเรื่อง โหมดัมและการชน โดยใช้การประเมนและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้โดยจำแนกออกเป็น 5 แบบ ตามหลักของ Haider (1997) ที่ได้แบ่งประเภทความแตกต่างของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียน อธิบายได้ถูกต้องพร้อมให้เหตุผลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ทุกองค์ประกอบตามความสำคัญของ คำถามในแต่ละข้อและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ

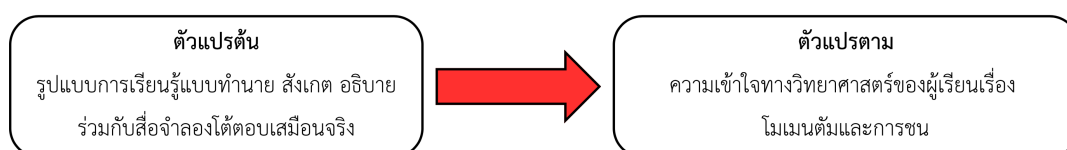
2. แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียน อธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและอธิบายบางส่วนได้ถูกต้อง

3. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding and Misconception: PU&MU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียนอธิบายได้สอดคล้องกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและอธิบายบางส่วนนั้นไม่ถูกต้อง

4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่ ผู้เรียนอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) หมายถึง ผู้เรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม หรือทวนคำถาม หรือไม่อธิบายเหตุผล

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1

กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัย เรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE
 - 1.1 ความหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE
 - 1.2 ขั้นตอนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE
 - 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Simulation)
 - 2.1 ความหมายและที่มาของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง
 - 2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง
 - 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 เกณฑ์การวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
 - 4.1 ความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
 - 4.2 การศึกษาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE

1.1 ความหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

การเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีการค้นพบความรู้เกี่ยวกับตัวอย่างปัญหาที่มีอยู่ในธรรมชาติโดยใช้การคาดการณ์(Predict) การสังเกต (Observe) และการอธิบาย (Explain) ผลการสังเกต เพื่อที่จะสามารถอธิบายการเกิดเหตุการณ์ในระบบธรรมชาติได้ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ไว้ดังต่อไปนี้

จอห์น เฮย์ซัม และ ไมเคิล โบเวน (John Haysom & Michael Bowen, 2010) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ POE เป็นการปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียน ทำให้มีวิธีคิดแบบวิทยาศาสตร์ ที่สำคัญ POE เป็นเครื่องมือสำคัญของครูวิทยาศาสตร์ในการเพิ่มคุณค่าในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพและให้ผู้เรียนเข้าใจรากฐานทางทฤษฎีที่ถูกต้องซึ่งได้รับการวิจัยอย่างกว้างขวาง

สลิตา สารสุวรรณ และ วิมล ตำราญวนิช (2557) ได้กล่าวว่า วิธีจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) หรือ POE มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เกี่ยวกับความรู้เดิม และการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งเป็นวิธีที่จะสามารถช่วยสำรวจแนวคิด และตัดสินใจในความคิดของผู้เรียนได้

ศุภชัย กัญญาเขียว และ ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ (2559) ได้กล่าวว่า รูปแบบการสอนแบบ POE ตามแนวคิดของ White และ Gunstone เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยที่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมและการปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ซึ่งความรู้ที่ได้นั้นจะมาจากตัวผู้เรียนเอง ทำให้ผู้เรียนสามารถแสดงแนวคิดของตนเองออกมาอย่างเป็นขั้นตอน

ปิยาภรณ์ ชีรจางคพิชัย และคณะ (2564) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย (Predict, Observe,-Explain) หรือ POE ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย White และ Gunstone ในปี 1992 เป็นแนวคิดเชิง constructivism เป็นวิธีการที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียน ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนทำกิจกรรมโดยผู้เรียนอาจจะใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมมาก่อนและนำผลที่ได้จากการสังเกตมาอธิบาย

เปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายไว้ในข้างต้นว่ามีความเหมือนกับที่ทำนายไว้หรือไม่พร้อมทั้งอธิบายผลที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและสนุกสนานในการทำกิจกรรมหรือทดลองเกิดความท้าทายในการค้นหาความรู้และตรวจสอบความรู้ด้วยตัวเองทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ขึ้นจากการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

1.2 ขั้นตอนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

ขั้นตอนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มีขั้นตอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอนคือ การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย โดยมีนักวิจัยหลายคนสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนเหล่านี้ ดังนี้

จอห์น เฮย์ซัม และ ไมเคิล โบเวน (John Haysom & Michael Bowen, 2010)

ได้เสนอ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ POE ไว้ 8 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (orientation and motivation) ขั้นนี้จะเริ่มต้นจากประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการทดลองหรือการศึกษาที่เรากำลังจะทำในลำดับต่อไป ขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงถึงประสบการณ์และความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดด้านการทดลองหรือความรู้ที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 แนะนำการทดลอง (Introducing the experiment) ขั้นนี้จะแนะนำการทดลองโดยผู้เรียนยังไม่ได้ทำการทดลองแต่ให้พยายามเชื่อมโยงการทดลองกับความรู้ที่ได้เกิดมาเพื่อให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์

ขั้นที่ 3 การทำนาย (ล่วงหน้าแนวคิดของผู้เรียน) [Prediction: the elicitation of students' ideas] ขั้นนี้จะให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนหรือนำเสนอแนวคิดของตนก่อนที่จะเริ่มทดลองในงานหรือแบบบันทึกโดยการทำนาย ว่าผลที่จะเกิดขึ้น จะเป็นอย่างไรในขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อทั้งผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้รวบรวมความคิดและเกิดความคิดของตนเอง

ขั้นที่ 4 อภิปรายผลการทำนาย (discussing their prediction) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการแลกเปลี่ยนผลการทำนาย เพื่อทำการอภิปรายผลการทำนายและนำเสนอผลการทำนายและเหตุผลที่นำมาทำนาย ในขั้นตอนนี้ผู้สอนจะต้องกระตุ้นและผลักดันให้นักเรียนเกิด ความมั่นใจในการนำเสนอผลการทำนายถึงแม้ว่าผลการทำนายนั้นจะไม่ถูกต้องโดยต้องทำให้นักเรียนไม่เกิดความวิตกหรือรู้สึกว่าการทำนายของตนนั้นด้อยค่า จากนั้นผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทั้งหมดร่วมกันอภิปรายและเลือกผลการทำนายที่ดีที่สุด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พิจารณาทบทวนแนวคิดของตนอีกครั้งและอาจสิ้นสุดขั้นตอนการ โหวตเลือกผลการทำนายที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 5 สังเกตการณ์ (observation) ในขั้นนี้ ผู้เรียนจะได้สังเกตการณ์สาธิต หรืออาจจะลงมือทำการทดลองด้วยตัวเองเพื่อที่จะให้ผู้เรียนได้สังเกตผลการทดลองจริงที่เกิดขึ้น โดยให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการสังเกต

ขั้นที่ 6 อธิบาย (Explanation) ในขั้นนี้ผู้เรียนปรับแต่งแนวคิดของตนเองผ่านการพูดหรือการเขียน ซึ่งส่วนใหญ่มักพบว่าผู้เรียนจะมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน เพื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้ก่อนที่จะลงมือเขียนอธิบายหรืออธิบายเมื่อ ผู้เรียนเขียนอธิบายเสร็จแล้วควรทำการอธิบายทั้งห้องอีกครั้ง

ขั้นที่ 7 เสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Providing the scientific explanation) ในขั้นนี้ผู้สอนจะทำการแนะนำการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยอาจจะขึ้นต้นว่า “นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้คิดว่า.....” ซึ่งจะเป็นประโยชน์ที่ดีกว่าการขึ้นต้นประโยคว่า “การอธิบายที่ถูกต้องคือ.....” แล้วให้ผู้เรียนตรวจสอบความเหมือนและความแตกต่างของการอธิบายของผู้เรียนและการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 8 ติดตามผล (Follow-up) ในขั้นสุดท้ายนี้นักวิจัยพบว่าแนวคิดของผู้เรียนมักจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE จะมีประสิทธิภาพอย่างไรก็ตามก็ต้องมีขั้นติดตามผล เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน

วัชรียา พรหมพันธ์ และคณะ (2563) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE เป็น 3 ขั้นตอนพร้อมอธิบายว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นทำนาย (Predict) ผู้สอนเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ขึ้นมาให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมของแต่ละคนและใช้เหตุผลประกอบ เพื่อการทำนายสถานการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้น พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบการทำนาย

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต (Observe) ผู้เรียนลงมือปฏิบัติค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยวิธีสังเกต ลงมือปฏิบัติการทดลอง หรือสืบเสาะหาความรู้จากสิ่งที่เกิดขึ้น แล้วบันทึกผลอย่างละเอียดจนสามารถไขปัญหาและข้อสงสัยต่าง ๆ ได้

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบายผล (Explain) ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้อธิบายและทำการเปรียบเทียบ เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสิ่งที่ได้คิดทำนายไว้ในขั้นตอนแรกอย่างมีเหตุผล

แอตกินสันและชิฟฟริน (Atkinson & Shiffrin, 1968) อ้างอิงใน ลมินปภา อภิวัฒนางกูล และไชยวัฒน์ ชุ่มนาเสียว (2564) ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มี 3 ขั้นตอนได้แก่

ขั้นที่ 1 Predict (P) ผู้สอนให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดคะเนคำตอบที่ผู้สอนได้เป็นผู้กำหนดพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ขั้นที่ 2 Observe (O) ผู้สอนให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ โดยวิธีการสังเกต สํารวจ ทดลอง สืบค้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ขั้นที่ 3 Explain (E) ผู้สอนให้ผู้เรียนอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและได้จากการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้จากขั้นที่ 2

ไวท์ และ กันสโตน (White & Gunstone, 1992) อ้างอิงใน ภารดี รัตนจามิตร และคณะ (2564) ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทำนาย (Predict: P) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำนายผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือทำนายผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยให้เหตุผลประกอบเกี่ยวกับคำทำนายของตนเอง

2. ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องลงมือทำการทดลองหรือพิสูจน์เพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ทำนายไว้ด้วยตนเอง

3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ผู้เรียนทำนายและผลการทดลองว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

ปัจจุบันพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบ POE ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความรู้และทักษะด้านต่างๆ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

อัลจิรันโต, ซาร์วานโต และอาหมัด มาร์ซูกิ (Algiranto, Sarwanto & Ahmad Marzuki, 2019) การศึกษานี้ได้ ศึกษาความเหมาะสมของใบงานในการจัดการเรียนรู้แบบ POE โดยตรวจสอบประสิทธิภาพของนักเรียนที่ใช้ใบงาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (R & D) โดยอ้างอิงโมเดล 4 มิติ (Define, Design, Develop and Disseminate) โดยใช้ผู้เรียนจำนวน 42 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดสอบกลุ่มย่อย 10 คนและกลุ่มตัวอย่าง 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่แบบสอบถาม แบบทดสอบ และใบงาน พบว่าผลการพัฒนาใบงานฟลิคส์บนฐานการจัดการเรียนรู้แบบ POE มีความถูกต้องและถูกพิจารณาผ่านผู้เชี่ยวชาญ และในส่วนของ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่าร้อยละความสำเร็จของผู้เรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งสมมติฐาน (83.1%) เลือกเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ (83.1%) เขียนข้อมูลการทดลอง (68.8%) วิเคราะห์ข้อมูล (72.1%)

ตีความข้อมูล (77.1%) และสรุปผล (91.4%) และจากผลการทดสอบก่อนเรียนร้อยละ 36.5 และหลังเรียนร้อยละ 72.0 เมื่อนำไปวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้เทคนิค N-Gain 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับกลาง จากผลลัพธ์นี้ไปงานที่ถูกพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้งาน

ลาติฟาห์ และคณะ (Latifah et al., 2019) ได้วิจัยเพื่อนำการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ไปแก้ไขความเข้าใจผิดที่นักเรียนได้รับ โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการที่มีผู้สอนที่ไม่แม่นยำในการเลือกการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหา จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยงานวิจัยจะเป็นแบบกึ่งทดลอง มีกลุ่มควบคุม ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านการเรียนรู้แบบ POE โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ POE สามารถปรับปรุงความคลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยพบได้จากเปอร์เซ็นต์ความเข้าใจผิดในปัญหาข้อ 2 ข้อ 4 และคำถามข้อ 19 ที่ลดลง

สิตีและคณะ (Siti et al., 2021) การศึกษานี้เป็นการศึกษาความแตกต่างของทักษะการวิเคราะห์ของนักเรียนในการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE (Predict-Observe-Explain) และการจัดการเรียนรู้ทางตรง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบ POE โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีกึ่งทดลองและการออกแบบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีความแตกต่างของทักษะการวิเคราะห์ระหว่างผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE และไม่ใช่รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE และจากผลการทดสอบค่า t ได้ระดับนัยสำคัญ 5% โดยที่ $t_{\text{count}} > t_{\text{table}}$ คือ $5.49 > 2.012$, และทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ POE ดีขึ้นกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้แบบจำลอง POE โดยมีผลสอบได้ $0.60 > 0.32$

จากการศึกษาข้างต้นสรุปใจความสำคัญของการเรียนรู้แบบ POE ได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) พัฒนาขึ้นโดย White และ Gunstone ในปี 1992 เป็นแนวคิดเชิง constructivism เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้ทำการทำนายผลการทดลองหรือประเด็นที่ผู้สอนสร้างขึ้น โดยที่ผู้เรียนจะนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น จากนั้นทำการทดลองหรือสืบค้นเพื่อหาข้อสรุปผ่านการอธิบายและอภิปรายผลการทดลอง พร้อมทั้งอธิบายเปรียบเทียบ กับสิ่งที่ได้ทำนายผลไว้ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนรู้สึกมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมหรือทดลองเกิดความท้าทายและกระตุ้นให้ผู้เรียน ค้นคว้าหาความรู้ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้จากการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการทำนาย (Predict) ผู้เรียนจะต้องทำนายผลลัพธ์หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการเรียนรู้ โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่เพื่อกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ โดยที่ผู้สอนสามารถช่วยเหลือในการกำหนดเป้าหมายได้ โดยการใช้คำถามที่มีคำตอบที่ต้องการให้ผู้เรียนทำนาย

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต (Observe) หลังจากทำนายเสร็จแล้ว ผู้เรียนจะต้องทำการสังเกตผลลัพธ์โดยการสังเกต ทดลอง ค้นคว้า สืบเสาะและทำการเก็บข้อมูล วัดปริมาณ และทำการสังเกตตามแผนภาพ แผนผัง หรือตารางเปรียบเทียบเพื่อสรุปข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย (Explain) - ผู้เรียนจะต้องทำการอธิบายผลการสังเกตที่ได้ โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่เพื่ออธิบายผลการทำนายและการสังเกต การอธิบายนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น โดยผู้เรียนจะต้องใช้ภาษาของตนเองในการอธิบายเนื้อหา โดยใช้ข้อมูลจากการทำนายและการสังเกต นอกจากนี้ ผู้สอนจะต้องติดตามและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจและสามารถแสดงความรู้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE จำนวนทั้งหมด 8 ขั้นตอน ตามการเสนอของ จอห์น เฮย์ซัม และ ไมเคิล โบเวน (John Haysom & Michael Bowen) เพื่อนำไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ในการวิจัย

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Simulation)

2.1 ความหมายและที่มาของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

ความหมายและที่มาของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นิยามและกล่าวถึงมีดังนี้

แคทเธอริน เพอร์กินส์ และคณะ (Katherine Perkins et al., 2006) ได้ให้ความหมายของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่เคลื่อนไหว ได้ตอบโต้ และเหมือนเกม ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการสำรวจในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเหล่านี้ โดยผู้พัฒนาได้เชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ในชีวิตจริงและวิทยาศาสตร์และพยายามทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึงแบบจำลองภาพและแนวคิดของนักฟิสิกส์ผู้เชี่ยวชาญได้

The Pro Vice-Chancellor, Education & Student Experience (PVCSE) ได้กล่าวว่า แบบจำลอง (Simulations) เป็นสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการสอนโดยผู้เรียนจะถูกนำไปอยู่ใน "โลกเสมือน" ซึ่งแทนสภาพจริงภายในนั้นผู้เรียนจะได้รับการประสบการณ์และมีบทบาทในการเลือกที่จะศึกษาในระบบดังกล่าว การจำลองเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นการสัมผัสประสบการณ์ ซึ่งกลยุทธ์ที่เข้ากันได้ดีกับหลักการของการเรียนรู้และการสอนที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขากำลังเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และการโต้ตอบ ไม่ใช่การรับข้อมูลฝ่ายเดียว การจำลองมีลักษณะเฉพาะตัว เช่น อาจประกอบด้วยองค์ประกอบของ: เกม, การแสดงบทบาท, กิจกรรมที่ใช้เป็นสมาธิ การจำลองนั้นมีลักษณะที่ดึงดูดให้ผู้เรียนคิดเองเมื่อต้องตัดสินใจ ความสำเร็จและความมุ่งมั่นของผู้เรียนจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในความสำเร็จของการจำลองนั้น

2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

การนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงไปช่วยในการจัดการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงไว้ ดังนี้

ชาญวิทย์ คำเจริญ และดารกา พลัง (2562) ได้กล่าวถึงการใช้งานสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ในการจัดการเรียนการสอนว่าสามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้เป็นสื่อสาริตประกอบการบรรยายแบบมีปฏิสัมพันธ์ ทำให้ผู้เรียนมองเห็นถึงปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจนและสามารถทำซ้ำได้หลายหลายครั้ง สามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความแตกต่างของการสาริตและยังใช้เป็นสื่อ ประกอบในการทำการทดลอง ซึ่งผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองตามรูปแบบที่ตนเองสร้างขึ้นสามารถทดลองได้หลายหลายครั้งโดยไม่สิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์ไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการทดลองเสมือนจริง

ฮาติม และคณะ (Halim A. et al., 2021) ได้พูดถึงการพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้วยแอปพลิเคชันต่าง ๆ เป็นสิ่งหนึ่งที่ครูสามารถนำไปใช้ได้สนับสนุนการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ มีความพยายามมากมายที่จะเพิ่มความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยการพัฒนาการเรียนรู้ประเภทต่างๆ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถช่วยนักเรียนให้เห็นภาพกระบวนการที่ยากต่อการมองเห็น การใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและสามารถปรับปรุงความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ ซึ่งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงนอกจาก PhET แล้วยังสามารถนำ GeoGebra มาสร้างเป็นสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงและนำมาใช้กับการจัดการเรียนรู้ได้เหมือนกับ PhET

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

จากหัวข้อที่ 2.1 และ 2.2 ทำให้เราทราบว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้โดยที่การจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะด้านต่างๆของผู้เรียน โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงดังนี้

ชาญวิทย์ คำเจริญ และ ขวัญหทัย กวดนอก (2563) ได้ศึกษาและนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET มาสำรวจความเข้าใจที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยทำการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE จากการศึกษาพบว่า นักศึกษามีผลตอบรับเชิงบวกกับการสร้างวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงและวิเคราะห์จากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ซึ่งส่งผลอย่างชัดเจนว่าการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดกิจกรรมการทดลองสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาในเรื่องการสร้างวงจรไฟฟ้าได้และนักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงโดยระบุว่าทำให้สามารถสร้างมโนคติทางฟิสิกส์ได้ และสามารถทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ชีรา, อินซัน และคณะ (Zera, Insih et al., 2019) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การศึกษาใช้รูปแบบกลุ่ม สร้างแบบทดสอบก่อนเรียนแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest Posttest) ในชั้นเรียนเดียว และทดสอบทางสถิติโดยใช้ตัวอย่างแบบจับคู่ โดยผลลัพธ์ของการเพิ่มทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นหาได้จากค่าร้อยละของผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยการวิเคราะห์เชิงพรรณนาผ่านเกณฑ์ของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากผลการทดสอบพบว่า ค่า t ได้นัยสำคัญคือ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า α (0.05) ซึ่งหมายความว่ามีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้ร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียน 71% อยู่ในระดับดี และร้อยละของคะแนนหลังเรียน 82% อยู่ในระดับดีมาก

ลอเรนา โซลแวง และเจสเปอร์ ฮากแลนด์ (Lorena Solvang & Jesper Haglund, 2021) ได้ศึกษาโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าสามารถใช้ GeoGebra เป็นซอฟต์แวร์ ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนได้ทั้งนี้เพื่อเพิ่มการใช้ซอฟต์แวร์ในการศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนสามารถใช้และเข้าใจได้ง่ายทำให้ สามารถนำมาใช้ทดแทนสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ได้

ลอเรนา โซลแวง และเจสเปอร์ ฮากแลนด์ (Lorena Solvang & Jesper Haglund, 2022) ได้ศึกษาพฤติกรรมท่าทางของนักเรียนในการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่พัฒนามากจากโปรแกรม GeoGebra เรื่องแรงเสียดทาน พบว่าการศึกษาค้นคว้ามีส่วนช่วยในการทำความเข้าใจในวิชาฟิสิกส์โดยนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามมากขึ้นและสามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ได้

อันดา, คริสตินา และคณะ (Anda, Cristina et al., 2023) ได้ศึกษาการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่พัฒนาจากโปรแกรม GeoGebra กับการเรียนการสอน เรื่องปรากฏการณ์ของแสงเมื่อผ่านกระจกและเลนส์ พบว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงช่วยเพิ่มความสามารถและกระตุ้นแรงบันดาลใจและส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์และเข้าใจปัญหาทางฟิสิกส์และเห็นภาพทางเดินแสงได้ชัดเจนขึ้น

อัลฟิยานติ และคณะ (Alfiyanti et al., 2020) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายการสังเกต การอธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง PhET เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีจำนวน 60 คน โดยออกแบบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อตรวจสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนและการตอบสนองหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นหลังจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) กับ PhET และทั้งสองกลุ่มมีการตอบสนองเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ PhET มีประสิทธิภาพในการใช้ในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากการศึกษาข้างต้นสรุปใจความสำคัญของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ได้ว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นสื่อที่มีความสามารถในการช่วยจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดจากการพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์แล้วนำไปประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถที่จะเห็นถึงกระบวนการที่ยากต่อการเข้าใจโดยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง จะสามารถให้นักเรียนเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพได้ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือ PhET และนอกจากนี้ยังมีการใช้ GeoGebra มาสร้างเป็นสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงและนำไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนเช่นเดียวกับ PhET ได้ โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่พัฒนาจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในวิจัย

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

หลายงานวิจัยได้ให้ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกัน (American association for the advancement of science, 1993), ไคร์เวอร์และคณะ (Driver et al., 1996) และ แมคโคมาส และคณะ (McComas et al., 2002) อ้างถึงใน โรชวรรณา เซพโณลาม และขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2564) ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสาร วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันตลอดจนถึงสามารถนำความรู้รวมถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ความเข้าใจ และทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง

3.2 เกณฑ์การวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

ในงานวิจัยหลายงานวิจัยได้การวิเคราะห์ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไว้หลายระดับ ดังต่อไปนี้

เวสต์บรูก และ มาร์เรก (Westbrook & Marek, 1992) อ้างถึงใน กัญญารัตน์ โคจร (2562) ได้แบ่งการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 ระดับ ได้แก่

- 1) ความเข้าใจในระดับสมบูรณ์ (complete understanding : CU) คือ ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์
- 2) ความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (partial understanding : PU) คือ ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์
- 3) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (partial understanding with specific alternative conception : PS) คือ ผู้เรียนตอบคำถามถูกต้องแต่การให้เหตุผลยังมีความคลาดเคลื่อนหรือคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลไม่ได้หรือเหตุผลถูกต้องแต่เลือกคำตอบผิด

- 4) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (alternative conception : AC) คือ ผู้เรียนตอบคำถามผิดและอธิบายเหตุผลมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนทั้งหมด

5) ความไม่เข้าใจ (no understanding : NU) คือ คำตอบของผู้เรียนไม่ตรง กับคำถามหรือผู้เรียนไม่ตอบคำถาม

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) อ้างถึงใน กัญญารัตน์ โคจร (2562) ได้แบ่งความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ระดับ ได้แก่

1) กลุ่มความเข้าใจคลาดเคลื่อน (alternative conceptual understanding) ซึ่งประกอบไปด้วย ระดับความไม่เข้าใจ ระดับที่คลาดเคลื่อน และระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน

2) กลุ่มความเข้าใจวิทยาศาสตร์ (scientific concepts) ซึ่งประกอบด้วย ระดับที่สมบูรณ์ และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ไฮดาร์ (Haidar,1997) และ คาลิก และ อายาส (Calik & Ayas, 2005) อ้างถึงใน รุติมา นันตีสู้ (2564) ได้จัดกลุ่มระดับความเข้าใจ 5 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึง ผู้เรียนตอบคำถามถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแนวคิด

2) ความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง ผู้เรียนตอบคำถามถูกต้อง แต่ให้เหตุผลยังไม่ครบองค์ประกอบ

3) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ยังให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่ให้เหตุผลหรือเลือกคำตอบไม่ถูกต้องแต่ให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน

4) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception : AC) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง ผู้เรียนเขียนคำตอบไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

พิรภูมิ สิงห์สถิตย์ และทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน (2565) ได้พัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนคติพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จิตติมา นันตีสู้ (2564) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ POE ที่มีต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 32.89 หลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 85.34

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และ วิไลพร ลักขมีวาณิชย์ (2562) ได้ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง พบว่า กลุ่มทดลองสามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.24 ถึง 0.95 มากกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.06 ถึง 0.75

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน หมายถึง ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสารวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันตลอดจนถึงสามารถนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน จึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 5 ระดับ คือ

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียนอธิบายได้ถูกต้องพร้อมให้เหตุผลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ทุกองค์ประกอบตามความสำคัญคำถามในแต่ละข้อและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ

2. แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียนอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและอธิบายบางส่วนได้ถูกต้อง

3. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding and Misconception: PU&MU) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียนอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและอธิบายบางส่วนนั้นไม่ถูกต้อง

4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่ผู้เรียนอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) หมายถึง ผู้เรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม หรือทวนคำถาม หรือไม่อธิบายเหตุผล

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.1 ความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คอนสแตนท์ (Constant, 1967) อ้างถึงใน รัตนพร บุรณะพล และกัญญารัตน์ โจร (2564) ได้สรุปความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ไว้ว่า ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์นับว่าเป็นหัวใจหลักสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการทางความคิด ความเข้าใจ พิจารณาหลักเหตุผล เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี

จักรพันธ์ แซ่โฉ้ว และคณะ (2564) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ว่า เป็นรายวิชาที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และสามารถนำเอาความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการชีวิตประจำวัน โดยอาศัยการคิดอย่างเป็นระบบ

คอนสแตนท์ และ วูดบริดจ์ (Constant & Woodbridge, 1967), คิม (Khim, 1978) เกียรติกมลชัย และ ตู๊ประกาย (Kiatkamonchai & Tooprakai, 2005) อ้างถึงใน ทวิช มณีพนา และคณะ (2563) ได้สรุปความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ไว้ว่า ฟิสิกส์เป็นศาสตร์ความรู้สาขาหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญ และแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ โดยวิชาฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสิ่งไม่มีชีวิต ทำการศึกษาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสสารกับพลังงาน โดยอาศัยการสังเกต และการรวบรวมข้อมูล จนสรุปได้เป็นกฎและทฤษฎี เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และองค์ความรู้ทางฟิสิกส์นั้นได้นำไปสู่การพัฒนาในด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมาย

มนต์ชัย สิทธิจันทร์ (2547) อ้างถึงใน สมศักดิ์ บุญพรม (2564) ได้สรุปความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ไว้ว่า วิชาฟิสิกส์เป็นหนึ่งในรายวิชาที่ต้องมีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานให้กับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การสร้าง

องค์ความรู้ โดยวิชาฟิสิกส์นั้นถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนำหลัก
ตรรกะและความรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่างๆ

4.2 การศึกษาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

เป็นการศึกษามาตรฐาน สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ผลการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โมเมนตัมและการชน ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงมาตรฐาน สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ผลการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สาระฟิสิกส์ ข้อที่ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่ แรงและ
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเค้นหาคานสมดุลของวัตถุ งานและกฎการ
อนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำ
ความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ข้อ 14 อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการคลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับ โมเมนตัม	- วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็น ปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณ ระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดัง สมการ $p = mv$ - เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้ โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรง ลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยน โมเมนตัมของวัตถุ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	- แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้นๆ เรียกว่า แรงคล โดยผลคูณของแรงคล กับเวลา เรียกว่า การคล ตามสมการ $\vec{I} = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t$ ซึ่งการคลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ ระหว่างแรงคลกับเวลา
ข้อ 15 ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการคิดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	- ในการชนกันของวัตถุและการคิดตัวออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วย สมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ โดย $\vec{p}_i$ เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ $\vec{p}_f$ เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน - ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชน แบบไม่ยืดหยุ่น

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ และคณะ (2564) ได้ทำการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าจากการศึกษาผลของการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาคิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอน มีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

มนัสดา ลูกอินทร์ และอมรา เขียวรักษา (2563) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า มีการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นเครื่องมือในการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยได้ผลของการศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงบันดาลใจที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 76.07/76.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนเรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนด้านแรงบันดาลใจทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วุฒิชัย จารุตัน และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร (2564) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยสูงขึ้น และมีจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

แฟรงค์ แองเจโล (Frank Angelo, 2018) ได้ทำการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของการทดสอบแบบสองตัวเลือก สามระดับ สำหรับการเข้าใจแนวคิดในเรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีความเป็นมาตรฐานและมีความน่าเชื่อถือในการวัดความเข้าใจในเรื่อง โมเมนตัมและการชนของนักเรียน โดยสามารถแยกความเข้าใจที่ผิดพลาดและความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนและสามารถใช้ในการปรับปรุงกระบวนการสอนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสรุปแบบสะท้อนการเรียนรู้ของ

นักเรียนได้อีกด้วย จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญและมีประโยชน์สูงสำหรับครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาความหมายและความสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปใจความสำคัญได้ดังนี้ วิชาฟิสิกส์ คือ วิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของสสารและพลังงาน จึงเป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เป็นหัวใจสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่นๆ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้นจะต้องเน้นให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างสรค์นวัตกรรมและการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ การศึกษาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) อยู่ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ข้อที่ 1 ผลการเรียนรู้ที่ 14 และ 15 โดยผลการเรียนรู้กำหนดให้ผู้เรียนอธิบาย และคำนวณหลักการของโมเมนตัม การดล และแรงดล แล้วจึงนำความรู้ดังกล่าวมาทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ที่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre Experimental Design) เรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Pre Experimental Design) เรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการตามแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มที่ศึกษาเพียงกลุ่มเดียวและมีการทดลองก่อนการทดลองและการทดสอบหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

Pretest	Treatment	Posttest
T_1	X	T_2

เมื่อ	T_1	แทน	การสอบก่อนที่จะใช้รูปแบบการเรียนรู้
	X	แทน	การจัดกระทำ
	T_2	แทน	การสอบหลังที่จะใช้รูปแบบการเรียนรู้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนสายการเรียน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปลาย โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 283 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนสายการเรียน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เลือกแบบเจาะจง โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง จำนวน 23 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย

1.1 สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จากโปรแกรม GeoGebra

1.2 ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ประกอบด้วย

1.2.1 ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

1.2.2 ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การคล แรงคล

1.2.3 ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1.2.4 ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

1.2.5 ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม

1.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล

1.3.3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1.3.4 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

1.3.5 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

2. แบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่ง

แบบทดสอบดังกล่าวออกแบบมาเพื่อประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด จำนวนข้อสอบ 10 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบคุณภาพ

เครื่องมือวิจัย

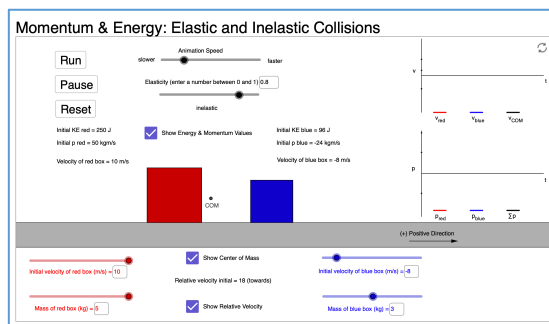
1. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัยประกอบไปด้วย รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งมีวิธีการสร้างและตรวจสอบดังต่อไปนี้

1.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE และแผนการจัดการเรียนรู้

1.1.1 สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ศึกษาข้อมูลการวิจัยที่นำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ในการช่วยการจัดการเรียนรู้ เพื่อทำการเลือกสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่เหมาะสมต่อการทำวิจัย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra ตัวอย่างสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ใช้ในการวิจัย ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 : สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและพลังงาน : การชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

ที่มา : <http://ophysics.com/e2.html>, 2566

1.1.2 ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ประกอบด้วย

- 1) ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม
- 2) ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การคล แรงคล
- 3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- 4) ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น
- 5) ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ศึกษาข้อมูลรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE เพื่อทำการออกแบบใบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับแบบแผนการจัดการเรียนรู้และนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ในการออกแบบใบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยออกแบบใบกิจกรรมเรียนรู้ให้สามารถส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เพื่อให้ได้ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน พร้อมสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยได้

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม
- 2) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล
- 3) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- 4) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น
- 5) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระฟิสิกส์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในส่วนของผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ให้สอดคล้องกับหลักสูตรและสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE โดยแบ่งเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 5 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 2-3 คาบ (50 นาที/1 คาบ)

จากนั้นนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE และแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำรูปแบบการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและประเมินวัดค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (IOC) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดกิจกรรมกับจุดประสงค์หรือเนื้อหาของการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง พบว่า ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผลการประเมินทั้ง 6 ด้าน ได้ค่าตั้งแต่ 0.6-1.0 หรือ ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ได้ (รายละเอียดผลการประเมินดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1) เมื่อปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

1.2 แบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาวิเคราะห์ หลักสูตรการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง มาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับ โมเมนตัมและการชน

2) ศึกษาการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เพื่อนำมาออกแบบข้อสอบในแบบทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE เพื่อประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจำนวน 15 ข้อโดยแบบทดสอบที่ได้จะเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

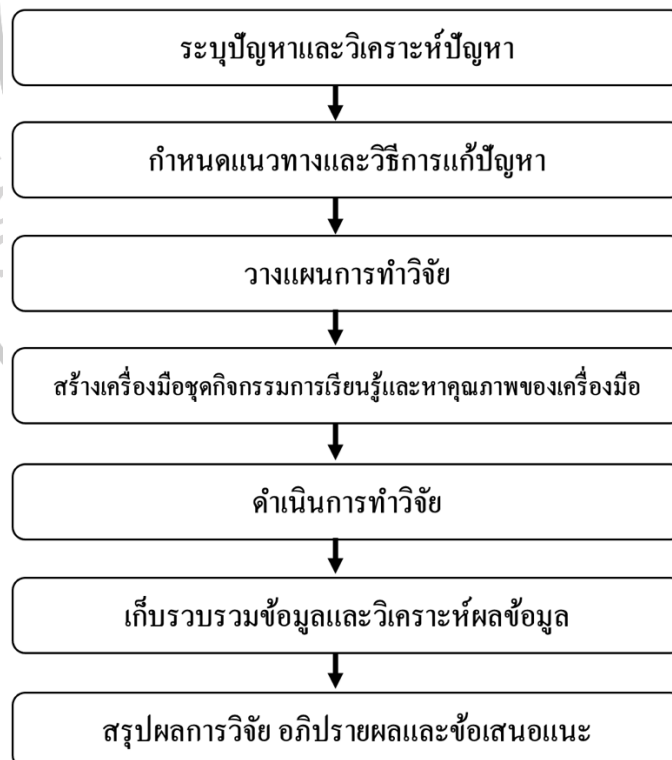
3) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและประเมิน เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ โดยพบว่า

จากการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบแบบอัตนัยก่อนและหลังใช้เครื่องมือวิจัย จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญแบบทดสอบทั้ง 15 ข้อ สามารถใช้ในการเป็นแบบทดสอบได้โดยได้ค่าตั้งแต่ 0.6-1.0 (รายละเอียดผลการประเมินดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2)

4) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญไปใช้ทดสอบกับกลุ่มนำร่องจำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบพบว่าผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบอัตนัยที่คัดเลือก 15 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.333 ถึง 0.867 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.067 ถึง 0.533 และมีข้อที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 11 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 8 และ 13 และแบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.899 และผู้วิจัยได้ทำการคัดแบบทดสอบข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมดออกจำนวน 4 ข้อและเลือกคัดแบบทดสอบข้อที่ 15 ออกเนื่องจากมีความค่อนข้างยากและมีลักษณะคล้ายกับข้อ 14 และเลือกแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อที่เหลือเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ (รายละเอียดผลการประเมินดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3 และ ข.4) เพื่อประกอบการการเลือกแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ เพื่อใช้ในการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

2. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 : ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE

2. กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมทั้งสิ้น 5 แผนการจัดการเรียนรู้

3. ประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE

4. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าทางสถิติเพื่อประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

5. หาค่าวัดความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้ Normalized Gain โดยแปลผลค่า Normalized Gain เป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับกลาง ระดับต่ำ (Bao L., 2006) จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาสรุปผลการวิจัย

6. ประเมินระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจากแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE จากแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ และ ความสอดคล้องของการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (IOC) (พิศิษฐ์ ตันทวนิช และพนา จินดาศรี, 2561)

$$IOC = \frac{\sum_{j=1}^n X_{jk}}{n}$$

สูตร
เมื่อ

IOC

แทน

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ

จุดประสงค์

k

แทน

ข้อสอบข้อที่ (ตัวอย่าง k=1 คือข้อสอบข้อที่ 1)

$\sum_{j=1}^n X_{jk}$

แทน

ผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทุกคนใน
จุดประสงค์ข้อนั้นๆ

n

แทน

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

IOC คือ ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม กับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of item objective congruence : IOC) ปกติแล้วจะให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไปในการตรวจสอบโดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

แล้วนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC ตามสูตร

เกณฑ์

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุง ยังใช้ไม่ได้

3.2 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยประเมินความเข้าใจทาง วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (เอมอร์ จังศิริพรปกรณ์, 2550)

สูตร	$P = \frac{\sum x_H + \sum x_L}{I(N_H + N_L)}$	
เมื่อ	P	แทน ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ
	x_H	แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มสูง
	x_L	แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มต่ำ
	N_H	แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง
	N_L	แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำ
	I	แทน คะแนนเต็มของข้อนั้นๆ

การแปลความหมายค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแบ่งเป็น 5 ช่วง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ

ค่าความยากง่าย ของ แบบทดสอบ	ระดับความยาก	ความหมายเทียบสอบจาก ร้อยละของจำนวนผู้สอบ	การพิจารณา
0 - 0.19	ยากมาก	มีผู้ตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 20	ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
0.20 - 0.39	ค่อนข้างยาก	มีผู้ตอบถูกร้อยละ 20 ถึง 39	พอใช้ได้
0.40 - 0.60	ยากง่ายปาน กลาง	มีผู้ตอบถูกร้อยละ 40 ถึง 60	ใช้ได้
0.61 - 0.80	ค่อนข้างง่าย	มีผู้ตอบถูกร้อยละ 61 ถึง 80	พอใช้ได้
0.81 - 1.00	ง่ายมาก	มีผู้ตอบถูกร้อยละ 81 ถึง 100	ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ดังนั้นค่าความยากง่ายของแบบทดสอบที่ควรนำมาใช้ควรมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

3.3 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทาง

วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (เอมอร์ จังศิริพรปกรณ์, 2550)

$$r = \frac{\sum x_H - \sum x_L}{I(N_H \text{ or } N_L)}$$

สูตร

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบ

x_H แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มสูง

x_L แทน ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

I แทน คะแนนเต็มของข้อนั้นนั้น

ค่าอำนาจจำแนกที่คำนวณได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 โดยสามารถแปลความหมายได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบ

ค่า r	อำนาจจำแนก	ความหมาย		คุณภาพ
		คนเก่ง	คนอ่อน	
เป็นบวก	จำแนกได้	ตอบถูก	ตอบผิด	เป็นข้อสอบที่ดีนำไปใช้ได้
เป็นลบ	จำแนกกลับ	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่ควรนำไปใช้
เป็นศูนย์หรือใกล้ศูนย์	ไม่มีอำนาจจำแนก	ถูกหรือผิด	ถูกหรือผิด	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้

การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบโดยข้อสอบที่ดีควรมีค่า r ตั้งแต่ +.20 ถึง +1.00 ในการแปลความหมายค่า r ให้ใช้เกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตารางการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนกรายข้อสำหรับแบบทดสอบ

ค่า r	ความหมาย
0.20 ถึง 1.00	จำแนกได้
- 0.19 ถึง +0.19	จำแนกไม่ได้
-0.20 ถึง -1.00	จำแนกกลับ

3.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (อัจฉริย์ พิมพิมูล, 2563)

$$\text{สูตร} \quad r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\}$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ
	q	แทน	สัดส่วนผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ = 1-p
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน

สำหรับการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบนั้นจะเทียบกับเกณฑ์ของค่าระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้คือ ไม่น้อยกว่า 0.6 ซึ่งถือว่าเป็นแบบประเมินที่มีความเชื่อถือได้

3.5 ค่าความก้าวหน้าทางด้านความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Normalized Gain, <g>) (Bao L., (2006))

$$\text{สูตร} \quad \langle g \rangle = \frac{(\%post) - (\%pre)}{100 - (\%pre)}$$

เมื่อ $\langle g \rangle$ แทน ค่าความก้าวหน้าทางด้านความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

$\%post$ แทน ร้อยละของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนใช้รูปแบบเรียนรู้แบบ POE

$\%pre$ แทน ร้อยละของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์หลังใช้รูปแบบเรียนรู้แบบ POE

ในการประเมินค่าความก้าวหน้าทางด้านความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจะแบ่งออกเป็นกลุ่มได้สามระดับ ได้แก่

“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่มีค่า	$\langle g \rangle \geq 0.7$
“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่มีค่า	$0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ (1) ศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน และ (2) ส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 23 คน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการวิจัยตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 3 โดยกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวนกิจกรรมทั้งสิ้น 5 แผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

จากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนจำนวน 5 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง ประกอบด้วย 1) โมเมนตัม 2) การคล แรงคล 3) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม 4) การชนแบบยืดหยุ่น และ 5) การชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วยการเรียนรู้แบบ POE 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การแนะนำและการสร้างแรงกระตุ้น ขั้นที่ 2 แนะนำการทดลอง ขั้นที่ 3 การทำนาย ขั้นที่ 4 การอภิปรายผลการทำนาย ขั้นที่ 5 การสังเกตการณ์ ขั้นที่ 6 การอธิบาย ขั้นที่ 7 เสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และขั้นที่ 8 ขั้นติดตามผล ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ลงปฏิบัติด้วยตนเองและฝึกสมรรถนะการทำงานเป็นทีม ผลการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

(1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

ในการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม

ขั้นที่	กิจกรรม
1. ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนจินตนาการภาพของวัตถุ 1 ก้อน แล้ว ตั้งคำถามโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “นักเรียนคิดว่าถ้าวัตถุนี้เคลื่อนที่จะมีปริมาณทางฟิสิกส์ใดเข้ามาเกี่ยวข้องกับวัตถุก้อนนี้บ้าง”
2. ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง	ครูแนะนำนักเรียนเพิ่มเติมว่า “เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ วัตถุนั้นจะมีปริมาณหนึ่งที่เกิดขึ้น ปริมาณนั้นเราเรียกว่า “โมเมนตัม” ” ผ่านไปกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม
3. ขั้นตอนการทำนาย	นักเรียนแต่ละคนทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นว่าโมเมนตัมมีความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์ปริมาณใดบ้าง และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
4. ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย	นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณอื่นทางฟิสิกส์ พร้อมร่วมกันสรุปผลการทำนายโดยเลือกจากผลการทำนายของเพื่อนนักเรียนในห้อง ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม
5. ขั้นตอนสังเกตการณ์	นักเรียนทำการศึกษาในหัวข้อโมเมนตัม จากแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ เช่น หนังสือเรียน แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เป็นต้น

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
6. ขั้นตอนอธิบาย	นักเรียนแต่ละคนสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ในรูปของ Infographic ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม โดยครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการสรุปความรู้หน้าชั้นเรียน
7. ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์
8. ขั้นตอนติดตามผล	ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง โมเมนตัม เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วิดีโอคลิปเรื่องโมเมนตัมในชีวิตประจำวัน พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัม (K) พร้อมทั้งแสดงทักษะการทํานายและการคำนวณผลของโมเมนตัม (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

การใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ตามตารางที่ 4.1 ใช้ร่วมกับสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม โดยผลการจัดกิจกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แสดงดังภาพที่ 4.1

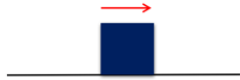
ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม

ชื่อ..... พงศกฤต..... คุณยศยิ่ง..... เลขที่..... 2..... ห้อง..... 6SCI.....

ตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ของวัตถุที่เคลื่อนที่

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตวัตถุต่อไปนี้ พร้อมคาดเดาคำตอบจากคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณใดบ้าง และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร



.....
.....
.....
.....
.....

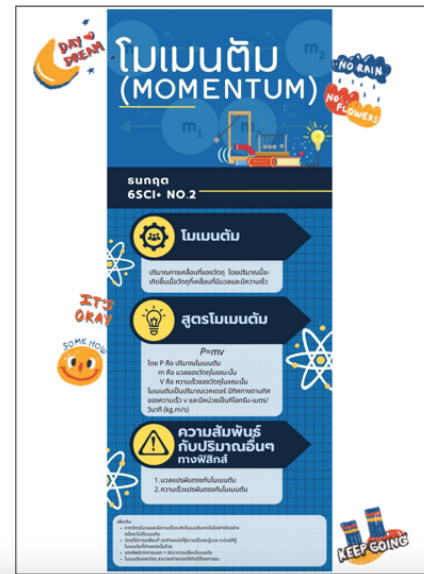
สรุปผลการทำนาย

..... โมเมนตัม ๙ มวล ความเร็วในทิศทาง
..... ที่ทิศทางสัมพันธ์โมเมนตัม
..... โมเมนตัมแปรผันตรงกับมวลและอัตราเร็ว
..... ระยะการเคลื่อนที่โมเมนตัม แปรผันตรง
..... เพื่อวัตถุเคลื่อนที่ช้าลง มวลแปรผันตรงกับโมเมนตัม
..... โมเมนตัมแปรผันตรงกับอัตราเร็ว

(ก)

ตอนที่ 2 โมเมนตัม

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ในรูปของ Infographic



(ข)

ภาพที่ 4.1 : (ก) ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม

(ข) ตัวอย่างผลงานนักเรียนในการสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม ในรูปของ Infographic

จากภาพที่ 4.1 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องโมเมนตัม โดยภาพที่ 4.1 (ก) เป็นตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม โดยเป็นแสดงในขั้นตอนการทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ของวัตถุที่เคลื่อนที่ พร้อมสรุปผลการทำนายและภาพที่ 4.1 (ข) ตัวอย่างผลงานนักเรียนในการสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม ในรูปของ Infographic เป็นการสรุปความรู้ของนักเรียนในการทำกิจกรรมผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมพร้อมทั้งแสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัมได้ถูกต้องร้อยละ 92 และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน ร้อยละ 94.78

(2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคล แรงดล

ในการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคล แรงดล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การคล แรงดล

ขั้นที่	กิจกรรม
1. ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพของวัตถุที่กำลังพุ่งชนผนังและเคลื่อนที่ออกมาแล้ว ตั้งคำถามโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “นักเรียนคิดว่าจากภาพดังกล่าวมีปริมาณใดบ้างที่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะเหตุใด”
2. ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง	ครูแนะนำนักเรียนเพิ่มเติมว่า “เมื่อวัตถุเคลื่อนที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โมเมนตัม ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไป โดยค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงนั้น เรียกว่า “การคล” และเมื่อวัตถุการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป จะได้ปริมาณที่เรียกว่า “แรงดล”
3. ขั้นตอนการทำนาย	นักเรียนแต่ละคนทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลาผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การคล แรงดล ตอนที่ 1
4. ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย	นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำนายผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การคล แรงดล พร้อมร่วมกันสรุปผลการทำนายโดยเลือกจากผลการทำนายของเพื่อนนักเรียนในห้อง ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การคล แรงดล

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
5. ขั้นตอนสังเกตการณ์	นักเรียนทำการศึกษาในหัวข้อ การคล แรงคล จากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง พร้อมสรุปและกิจกรรมตอนที่ 2 ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล  SCAN ME สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการคล แรงคล
6. ขั้นตอนอธิบาย	ครูกลุ่มนักเรียนออกมาอธิบายผลการศึกษาเรื่อง การคล แรงคล พร้อมลงข้อสรุปพร้อมกัน
7 ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง การคล แรงคล เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์
8 ขั้นตอนติดตามผล	ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การคล แรงคล เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วีดีโอคลิปเรื่อง สภาพของรถยนต์ที่ถูกชน พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม ครูประเมินการวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคล (K) และวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนตัม (K) พร้อมทั้งแสดงทักษะการคำนวณ การคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการคล แรงคล ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

การใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามตารางที่ 4.2 ใช้ร่วมกับสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงดล โดยผลการจัดกิจกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แสดงดังภาพที่ 4.2

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงดล

ชื่อ.....

ตอนที่ 1 การทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และการทำนายทิศทางแรงลัพธ์ที่กระทำ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตภาพและอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมคาดคะเนทิศทางค่าความดลด้วย

สถานการณ์ จากภาพชาย A กำลังเตะลูกบอลสีแดง ลูกบอลจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด

ใบความรู้ที่ 1

1. นักเรียนทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัมของวัตถุที่เตะ ซึ่งได้แก่ ลูกบอล

ทิศทางของ $\vec{p}$ (ระบุทิศทาง)

ทิศทางของ $\vec{F}$ (ระบุทิศทาง)

2. นักเรียนทำนายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดล กับ โมเมนตัม เป็นอย่างไร

ทิศทางของแรงดล (ระบุทิศทาง)

ทิศทางของโมเมนตัม (ระบุทิศทาง)

3. ให้นักเรียนลองวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับการเคลื่อนที่ด้วยการ

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และการทำนายทิศทางแรงลัพธ์ที่กระทำ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตภาพและอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมคาดคะเนทิศทางค่าความดลด้วย

QR code สำหรับใบกิจกรรมการเรียนรู้

1. สังเกตการเคลื่อนที่ของลูกบอล A ที่เคลื่อนที่เข้าชนลูกบอล B ที่อยู่นิ่ง และทำนายทิศทาง

2. ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของลูกบอล A ที่เคลื่อนที่เข้าชนลูกบอล B ที่อยู่นิ่ง และทำนายทิศทางแรงลัพธ์ที่กระทำ

ทิศทางของแรงดล (ระบุทิศทาง)

ทิศทางของโมเมนตัม (ระบุทิศทาง)

3. ให้นักเรียนลองวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับการเคลื่อนที่ด้วยการ

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 4.2 : ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การคล แรงดล

(ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัมและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ

(ข) กิจกรรมตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลา

(ค) ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลาและการคำนวณค่าการคล

จากภาพที่ 4.2 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคล แรงคล โดยภาพที่ 4.2 (ก) แสดงตัวอย่างกิจกรรมตอนที่ 1 โดยเป็นผลของการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์ ภาพที่ 4.2 (ข) แสดงตัวอย่างกิจกรรมตอนที่ 2 ซึ่งเป็นขั้นของการสังเกตเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์กับเวลา และภาพที่ 4.2 (ค) แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์กับเวลาและการคำนวณค่าการคลและผลสรุปของการสังเกต ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคล และวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ พร้อมทั้งแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์กับเวลา ได้ถูกต้องร้อยละ 95 และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน ร้อยละ 94.70

(3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนต์

ในการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนต์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนต์และการชน แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนต์และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎการอนุรักษ์โมเมนต์

ขั้นที่	กิจกรรม
1. ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพของวัตถุที่กำลังพุ่งชนกัน ตั้งคำถามโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “จากลาบเรียนที่ผ่านมา เราได้ศึกษาปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ โมเมนต์ การคล แรงคล นักเรียนคิดว่าจากภาพดังกล่าวมีปริมาณใดบ้างที่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะเหตุใด”

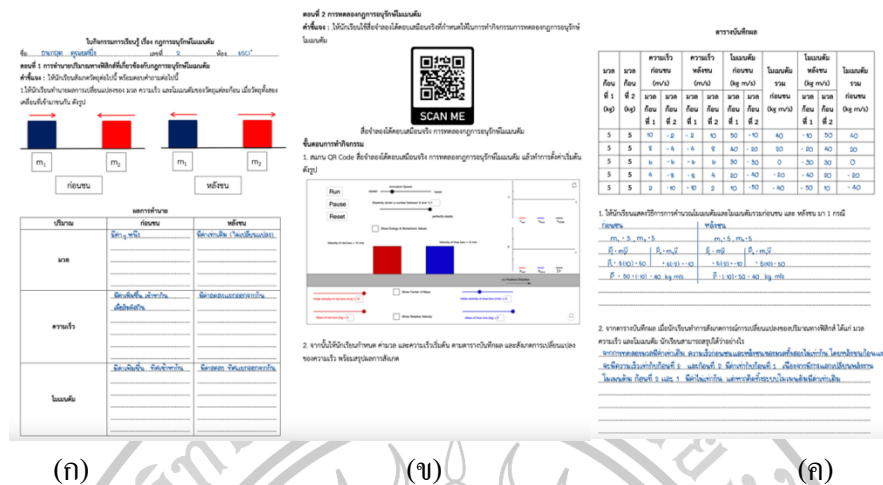
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
2. ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง	นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู โดยครูเน้นย้ำให้นักเรียนสังเกตปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรก่อนให้นักเรียนเริ่มทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
3. ขั้นตอนการทำนาย	นักเรียนแต่ละคนทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม พร้อมบันทึกผลการทำนายในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 1
4. ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย	นักเรียนจับคู่เพื่อร่วมกันอภิปรายผลการทำนายของแต่ละคนพร้อมสรุปผลการทำนายที่นักเรียนคิดว่ามีความถูกต้องมากที่สุด โดยครูทำการสุ่มนักเรียน ออกมานำเสนอผลการทำนายของแต่ละคู่พร้อมทั้งให้นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำนายที่ดีที่สุดในห้องของตนเองลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 1
5. ขั้นตอนสังเกตการณ์	นักเรียนทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเป็นแหล่งเรียนรู้ในการสังเกตการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุสองก้อนที่เคลื่อนที่มาชนกัน พร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต  สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
6. ขั้นตอนอธิบาย	นักเรียนจับคู่เพื่อร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปผลของการสังเกตการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุสองก้อนที่เคลื่อนที่มาชนกันจากสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 2

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
7 ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์
8 ขั้นตอนติดตามผล	ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพื่อให้ นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วิธีโอจำลองการชนกันของวัตถุ พร้อมลุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม ครูประเมินการวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (K) และการแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา (P) ของนักเรียนโดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

การใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามตารางที่ 4.3 ใช้ร่วมกับสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยผลการจัดกิจกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 : ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

(ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

(ข) กิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

(ค) ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของกิจกรรมตอนที่ 2

จากภาพที่ 4.3 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยภาพที่ 4.3 (ก) แสดงตัวอย่างกิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งนักเรียนจะได้ทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของ มวล ความเร็ว และโมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนทั้งก่อนชนและหลังชน ภาพที่ 4.3 (ข) แสดงกิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและภาพที่ 4.3 (ค) ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของกิจกรรมตอนที่ 2 ซึ่งนักเรียนจะได้ทำการสังเกตโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการเป็นเครื่องในการสังเกตเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ถูกต้องร้อยละ 95.65 และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน ร้อยละ 94.35

(4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

ในการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่นโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การชนแบบยืดหยุ่น

ขั้นที่	กิจกรรม
1. ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น	ครูนำเข้าสู่บทเรียนผ่านกระบวนการ Flipped classroom โดยนักเรียนทบทวนความรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และ โมเมนตัม โดยครูคอยถามคำถาม พร้อมยกตัวอย่างการชนกันของวัตถุที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน พร้อมชวนนักเรียนวิเคราะห์ลักษณะการชนที่เป็นไปได้ พร้อมสอบถามนักเรียนถึงปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมในคาบนี้
2. ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง	นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู ครูอธิบายกิจกรรมการทดลองและใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น พร้อมแนะนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ช่วยกันระดมความคิด เพื่อลงข้อสรุปและอธิบายการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น
3. ขั้นตอนการทำนาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มทำทำนายผลการทดลองการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 1 สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การทดลองโมเมนตัมและการชน

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
4. ขั้นตอนอภิปรายผล การทำนาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทำนายการชนกันของวัตถุที่กลุ่ม ของนักเรียนได้คาดการณ์ไว้ พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่น อภิปรายผลการทำนาย โดยครูและนักเรียนร่วมสรุปผลการทำนายที่ เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม
5. ขั้นตอนสังเกตการณ์	นักเรียนศึกษาการใช้งานของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และทำใบ กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อ จำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการสังเกตการณ์การชนกันของวัตถุ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วต้น ตามใบ กิจกรรม ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น พร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต
6. ขั้นตอนอธิบาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และอธิบายลักษณะ การเคลื่อนที่ พร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบายและเปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนชนกับหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนชนกับ หลังชน เพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 2
7 ขั้นตอนเสนอการ อธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยสุ่มนักเรียนแต่ละ กลุ่มเพื่ออธิบายผลการทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น เพื่อตรวจสอบ ความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยาม เชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
8 ขั้นตอนติดตามผล	ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การชนกันของวัตถุ เพื่อให้ให้นักเรียนมองเห็นภาพการชนกันของวัตถุมากขึ้น พร้อมยกตัวอย่างโจทย์การแก้ปัญหาเรื่อง การชนกันของวัตถุ และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้การชนกันของวัตถุ ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน (K) และแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การทำนายการชนกันของวัตถุ ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

การใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ตามตารางที่ 4.4 ใช้ร่วมกับสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น โดยผลการจัดกิจกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แสดงดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4 (ข) ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2 และภาพที่ 4.4 (ค) ตัวอย่างการอธิบายผลการทดลองของกิจกรรมตอนที่ 2 ในการจัดกิจกรรมตอนที่ 2 นี้ นักเรียนจะได้สังเกตการชนกันของวัตถุผ่านการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงและบันทึกผลการทดลองลงไปในการ์กิจกรรมเพื่อทำการสรุปและอธิบายการชนกันของวัตถุในกรณีการชนแบบยืดหยุ่น ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนและแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานก่อนและหลังชน ได้ถูกต้องร้อยละ 96.09 และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ร้อยละ 97.39

(5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ในการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ขั้นที่	กิจกรรม
1. ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น	ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยอ้างอิงถึงการทดลองในช่วงโมเมนต์ที่ผ่านมาของนักเรียนพร้อมสอบถามนักเรียนถึงปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุและความรู้ที่ได้จากคาบที่ผ่านมาพร้อมนำเข้าสู่กิจกรรมในคาบนี้
2. ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง	นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู ครูอธิบายกิจกรรมการทดลองและใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น พร้อมแนะนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ช่วยกันระดมความคิด เพื่อลงข้อสรุปและอธิบายการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
3. ขั้นตอนการทำนาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มทำนายผลการทดลองการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 1  สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง การทดลองโมเมนตัมและการชน
4. ขั้นตอนอภิปรายผล การทำนาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทำนายการชนกันของวัตถุที่กลุ่มของนักเรียนได้คาดการณ์ไว้ พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นอภิปรายผลการทำนาย โดยครูและนักเรียนร่วมสรุปผลการทำนายที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม
5. ขั้นตอนสังเกตการณ์	นักเรียนศึกษาการใช้งานของสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงในการสังเกตการณ์การชนกันของวัตถุตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ตามใบกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น พร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต
6. ขั้นตอนอธิบาย	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ พร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบายและเปรียบเทียบพลังงานจลน์รวมก่อนชนกับหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนชนกับหลังชน เพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 2

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรม
7 ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่ออธิบายผลการทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดลองตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์
8 ขั้นตอนติดตามผล	ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การชนกันของวัตถุ เพื่อให้ให้นักเรียนมองเห็นภาพการชนกันของวัตถุมากขึ้น พร้อมยกตัวอย่างโจทย์การแก้ปัญหาเรื่อง การชนกันของวัตถุ และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้การชนกันของวัตถุ ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน (K) และแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

การใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ตามตารางที่ 4.5 ใช้ร่วมกับสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยผลการจัดกิจกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 แสดงดังภาพที่ 4.5

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
ชื่อ..... เลขที่..... ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำนายรูปแบบการชนที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปประกอบ

1. เมื่อวัตถุสองก้อนเคลื่อนที่เข้าหากัน ปรากฏว่าภายหลังจากการชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป



.....
.....
.....
.....
.....

2. เมื่อมีวัตถุหนึ่งเกิดการระเบิดและทำให้หลังการระเบิดแยกเป็นสองส่วนที่มีมวลเท่ากัน



.....
.....
.....
.....
.....

บันทึกผลการทดลอง

1.1 กรณีมวลเท่ากัน

กำหนดให้ : มวลแต่ละก้อนหนัก 5 kg

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน		ความเร็ว หลังชน		พลังงานจลน์ ก่อนชน		พลังงานจลน์ หลังชน		โมเมนตัม ก่อนชน		โมเมนตัม หลังชน	
	หน่วย kg/s		หน่วย kg/s		หน่วย J		หน่วย J		หน่วย kg m/s		หน่วย kg m/s	
	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
1	5	0	9.5	9.5	89.5	0	15.625	15.625	25	0	49.5	49.5
2	5	-4	0.5	0.5	89.5	40	0.875	0.6125	9.5	-10	9.5	9.5
3	5	-5	0	0	89.5	45	0	0	9.5	-9.5	0	0
4	5	-8	-1.5	-1.5	89.5	160	5.875	5.875	9.5	-40	-9.5	-9.5
5	5	-10	-9.5	-9.5	89.5	250	15.625	15.625	9.5	-60	-49.5	-49.5

อธิบายลักษณะการชนกับของวัตถุหรือวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนและหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = 89.5 หน่วย
พลังงานจลน์รวมหลังชน = 31.95 หน่วย
โมเมนตัมรวมก่อนชน = 9.5 หน่วย
โมเมนตัมรวมหลังชน = 9.5 หน่วย

m_1 เคลื่อนที่ด้วย m_1 ที่สูงหลังจากชน m_1 และ m_2 เคลื่อนที่ติดกันไปทางขวา โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนมีค่าเท่ากันที่ 25 kg·m/s แต่ E_k หลังชนจะน้อยกว่าก่อนชน โดยก่อนชน $E_k = 62.5 J$ หลังชน $E_k = 31.95 J$

(ก)

(ข)

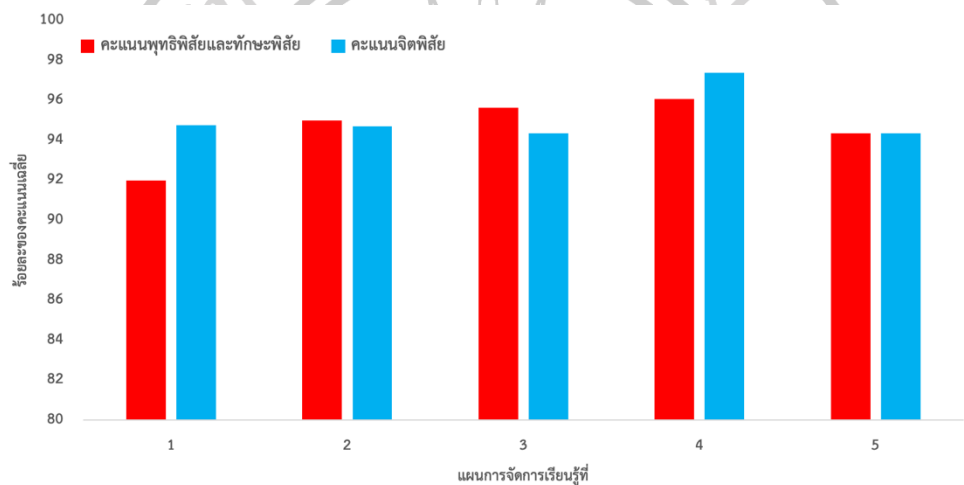
ภาพที่ 4.5 : ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

(ก) กิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

(ข) ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2

จากภาพที่ 4.5 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยภาพที่ 4.5 (ก) แสดงกิจกรรมตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ โดยนักเรียนจะได้ทำนายรูปแบบ การชนที่จะสามารถเกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานและการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน และภาพที่ 4.5 (ข) ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2 ในการจัดกิจกรรมตอนที่ 2 นี้ นักเรียนจะได้สังเกตการชนกันของวัตถุผ่านการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงและบันทึกผลการทดลองลงไป ใบกิจกรรมเพื่อทำการสรุปและอภิปรายการชนกันของวัตถุในการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนและแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ถูกต้องร้อยละ 94.35 และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ร้อยละ 94.35

เมื่อทำการพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 90 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้ด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัยเพิ่มขึ้นจากการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงนี้ ยังสร้างความสนใจในการเรียนให้กับผู้เรียนซึ่งเห็นได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยด้านจิตพิสัยที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 เช่นกัน แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 ผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

จากการศึกษาผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการเสนอผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการวิเคราะห์ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ออกเป็นทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
- 2) การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์
- 3) การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

จากการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีและกลุ่มตัวอย่างได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านการทำนาย การสังเกต และการอธิบาย ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถเกิดองค์ความรู้และทักษะเกี่ยวกับทฤษฎี โมเมนตัม การดล แรงดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนกันของวัตถุ โดยจะสังเกตได้จากคะแนนก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่กลุ่มตัวอย่างได้เกิดการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านแนวคิดและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเขียนอธิบายคำตอบในแบบทดสอบแบบอัตนัย แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลร้อยละของคะแนนแบบทดสอบ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายบุคคล

กลุ่มตัวอย่างคนที่	ร้อยละของคะแนนก่อนใช้ รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE	ร้อยละของคะแนนหลังใช้ รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE
1	0.00	83.33
2	6.67	80.00
3	13.33	73.33
4	13.33	70.00
5	16.67	83.33
6	6.67	23.33
7	23.33	83.33
8	10.00	60.00
9	6.67	53.33
10	13.33	40.00
11	16.67	80.00
12	10.00	40.00
13	16.67	86.67
14	16.67	83.33
15	6.67	26.67
16	10.00	83.33
17	3.33	56.67
18	13.33	80.00
19	6.67	56.67
20	6.67	66.67
21	6.67	23.33
22	6.67	50.00
23	0.00	60.00

จากตารางที่ 4.6 ได้ร้อยละคะแนนของกลุ่มตัวอย่างทั้งห้องเรียนมีร้อยละคะแนนก่อนและหลังเรียนเฉลี่ยของเท่ากับ 10.00 ± 0.31 และ 62.77 ± 0.30 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง ผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 62.77

4.2.2 การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

นอกจากการวิเคราะห์ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จากร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างแล้วผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์จากค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนโดยจำแนกการวิเคราะห์ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายข้อ, ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย ซึ่งได้ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนได้ดังต่อไปนี้

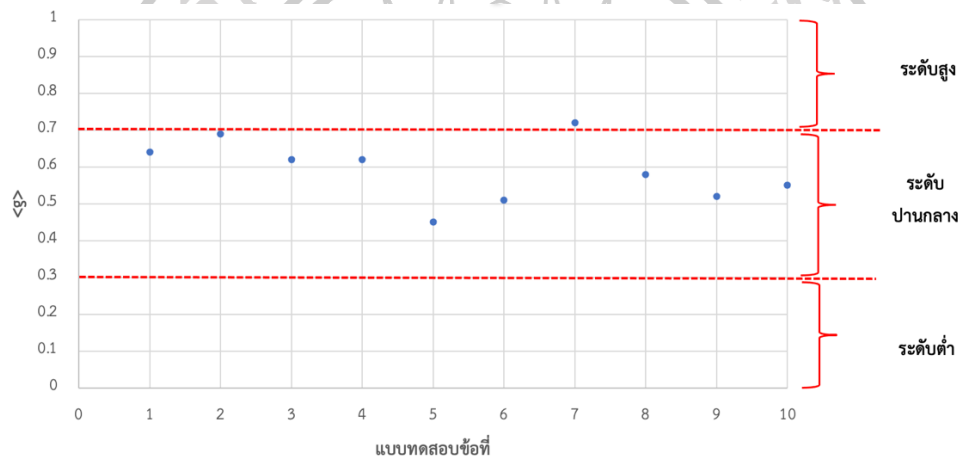
1) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายข้อ แสดงความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างแยกเป็นตามแบบทดสอบแต่ละข้อ ซึ่งได้ผลของค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ และการแปลผลของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงดังตาราง 4.7 และภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คะแนนค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและการแปลผลของแบบทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายข้อ

แบบทดสอบข้อที่	%Pre	%Post	$\langle g \rangle$	การแปลผล
1	0.57	2.13	0.64	ระดับปานกลาง
2	0.35	2.17	0.69	ระดับปานกลาง
3	0.00	1.87	0.62	ระดับปานกลาง
4	0.96	2.22	0.62	ระดับปานกลาง
5	0.22	1.48	0.45	ระดับปานกลาง
6	0.00	1.52	0.51	ระดับปานกลาง
7	0.52	2.30	0.72	ระดับสูง

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	%Pre	%Post	<g>	การแปลผล
8	0.00	1.74	0.58	ระดับปานกลาง
9	0.30	1.70	0.52	ระดับปานกลาง
10	0.09	1.70	0.55	ระดับปานกลาง
คะแนนรวมเฉลี่ย	3.00	18.83	0.59	ระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.7 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างกับแบบทดสอบ

จากตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.7 พบว่าค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละข้อมีค่าเฉลี่ย 0.59 และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.45-0.72 ซึ่งส่วนใหญ่ได้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางและมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง อยู่ 1 ข้อ นั่นคือข้อที่ 7 ซึ่งมีคำถามอยู่ว่า “การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนกันหรือไม่” ซึ่ง กลุ่มตัวอย่างสามารถแยกความแตกต่างของการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นได้พร้อมอธิบายเหตุผลได้อย่างชัดเจนแสดงดังภาพ 4.8 จากภาพเป็นตัวอย่างของคำตอบของนักเรียนซึ่งให้คำตอบว่า “แตกต่างกัน โดยการชนแบบไม่ยืดหยุ่นจะมีโมเมนตัมรวมก่อนและหลังชนเท่ากัน แต่มีพลังงานจลน์รวมของระบบในแต่ละช่วงก่อนชนมากกว่าหลังชน ซึ่งต่างจากการชนแบบยืดหยุ่นที่โมเมนตัมรวมทั้งก่อนชนและหลังชนเท่ากัน เช่นเดียวกับพลังงานจลน์รวมของระบบที่ทั้งก่อนชนและหลังชนเท่ากัน” ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องและครบประเด็น

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แตกต่างกัน โดยการชนแบบไม่ยืดหยุ่น จะมีการสูญเสียพลังงานไปบางส่วน หรืออาจสูญเสียไปทั้งหมดก็ได้ เช่น การชนกันของลูกบอลเหนียว หรือการชนกันของดินเหนียว ซึ่งหลังจากชนกันแล้ววัตถุจะติดกันและเคลื่อนที่ไปด้วยกัน

ภาพที่ 4.8 : แนวคำตอบของกลุ่มตัวอย่างสำหรับแบบทดสอบข้อที่ 7

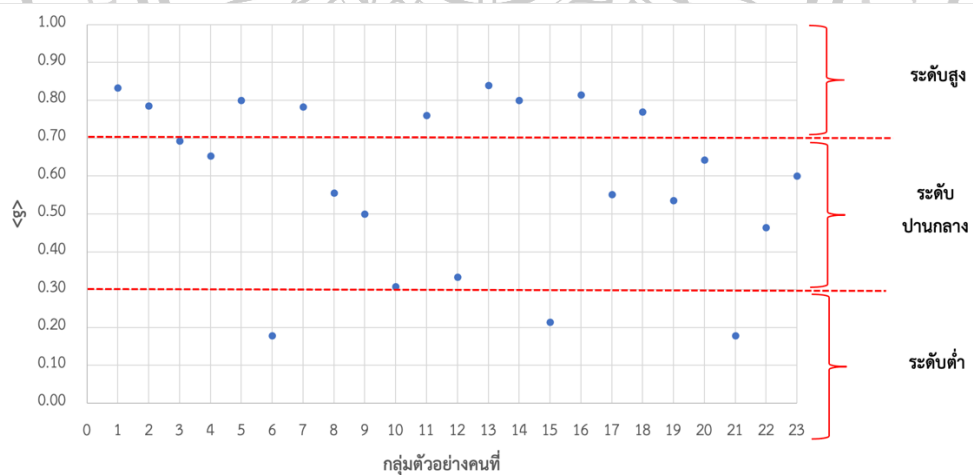
2) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนว่าภายหลังการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับใด โดยผลของค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ และการแปลผลของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ได้ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 คະแนนค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและการแปลผลของแบบทดสอบก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นรายบุคคล

กลุ่มตัวอย่างคนที่	%Pre	%Post	$\langle g \rangle$	การแปลผล
1	0.00	83.33	0.83	ระดับสูง
2	6.67	80.00	0.79	ระดับสูง
3	13.33	73.33	0.69	ระดับปานกลาง
4	13.33	70.00	0.65	ระดับปานกลาง
5	16.67	83.33	0.80	ระดับสูง
6	6.67	23.33	0.18	ระดับต่ำ
7	23.33	83.33	0.78	ระดับสูง
8	10.00	60.00	0.56	ระดับปานกลาง
9	6.67	53.33	0.50	ระดับปานกลาง
10	13.33	40.00	0.31	ระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างคนที่	%Pre	%Post	<g>	การแปลผล
11	16.67	80.00	0.76	ระดับสูง
12	10.00	40.00	0.33	ระดับปานกลาง
13	16.67	86.67	0.84	ระดับสูง
14	16.67	83.33	0.80	ระดับสูง
15	6.67	26.67	0.21	ระดับต่ำ
16	10.00	83.33	0.81	ระดับสูง
17	3.33	56.67	0.55	ระดับปานกลาง
18	13.33	80.00	0.77	ระดับสูง
19	6.67	56.67	0.54	ระดับปานกลาง
20	6.67	66.67	0.64	ระดับปานกลาง
21	6.67	23.33	0.18	ระดับต่ำ
22	6.67	50.00	0.46	ระดับปานกลาง
23	0.00	60.00	0.60	ระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.9 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล

จากตารางที่ 4.8 และ ภาพที่ 4.9 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคลพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 9 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 39.13 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 47.83 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และกลุ่มตัวอย่างที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.04 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยพบว่าการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบสนองเหมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน สามารถพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงได้

3) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย สำหรับค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยพบว่าเมื่อทำการประเมินค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างผ่านแบบทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน พบว่าได้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย 0.59 ทำให้ภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่าในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบสนองเหมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน สามารถพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนได้

4.2.3 การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

โดยผู้วิจัยได้ทำการประเมินระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบสนองเหมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ผ่านการตอบคำถามแบบอันดับของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้ผลสรุปการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนดังตาราง 4.9

ตารางที่ 4.9 การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบสนองเหมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน

ข้อ	แบบทดสอบ	ความถี่ (ร้อยละ) ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน				
		SU	PU	PU&MU	SM	NU
1	ก่อนเรียน	0(0)	8(34.78)	2(8.70)	3(13.04)	10(43.48)
	หลังเรียน	9(39.13)	11(47.83)	0(0)	2(8.70)	1(4.34)
2	ก่อนเรียน	0(0)	1(4.35)	7(30.43)	7(30.43)	8(34.79)
	หลังเรียน	8(34.78)	12(52.17)	2(8.70)	1(4.35)	0(0)

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

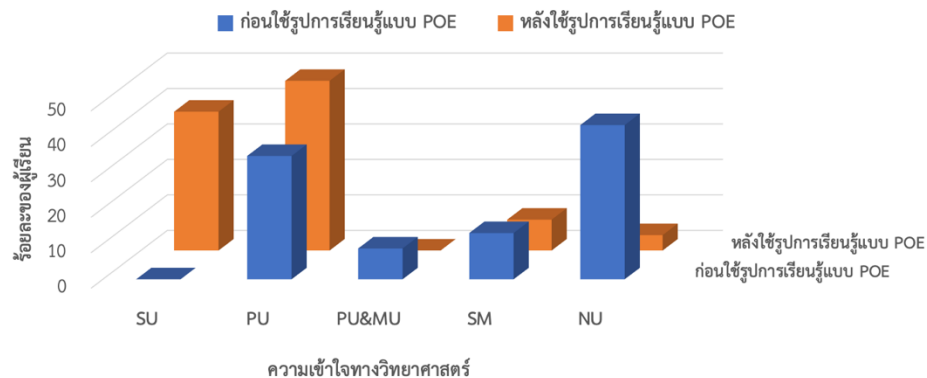
ข้อ	แบบทดสอบ	ความถี่ (ร้อยละ) ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน				
		SU	PU	PU&MU	SM	NU
3	ก่อนเรียน	0(0)	0(0)	0(0)	11(47.83)	12(52.17)
	หลังเรียน	7(30.43)	8(34.78)	6(26.09)	1(4.35)	1(4.35)
4	ก่อนเรียน	0(0)	5(21.74)	7(30.43)	6(26.09)	5(21.74)
	หลังเรียน	11(47.83)	6(26.09)	5(21.74)	0(0)	1(4.34)
5	ก่อนเรียน	0(0)	2(8.70)	3(13.04)	13(56.52)	5(21.74)
	หลังเรียน	4(17.39)	11(47.83)	1(4.35)	7(30.43)	0(0)
6	ก่อนเรียน	0(0)	0(0)	0(0)	5(21.74)	18(78.26)
	หลังเรียน	8(34.78)	2(8.70)	7(30.43)	3(13.045)	3(13.045)
7	ก่อนเรียน	0(0)	4(17.39)	8(65.21)	7(30.43)	4(17.39)
	หลังเรียน	12(52.17)	8(34.78)	2(8.70)	1(4.95)	0(0)
8	ก่อนเรียน	0(0)	0(0)	0(0)	13(56.52)	10(43.48)
	หลังเรียน	6(26.09)	8(34.78)	5(21.74)	4(17.39)	0(0)
9	ก่อนเรียน	0(0)	4(17.39)	2(8.70)	8(34.78)	9(39.13)
	หลังเรียน	3(13.04)	11(47.83)	8(34.78)	1(4.35)	0(0)
10	ก่อนเรียน	0(0)	1(4.35)	1(4.35)	7(30.43)	14(60.87)
	หลังเรียน	4(17.39)	8(34.78)	8(34.78)	1(4.35)	2(8.70)

(1) ผลการวิเคราะห์การประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายชื่อ

จากผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในตารางที่ 4.9 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน แยกเป็นรายชื่อ ดังต่อไปนี้

แบบทดสอบข้อที่ 1 มีคำถามว่า “จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก” แนวการตอบคือ “โมเมนตัม เท่ากับ 1.5×10^5 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก” พิจารณาคำตอบของ

ผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 1

จากภาพที่ 4.10 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 1 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 43 เขียนอธิบายคำตอบในลักษณะที่ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ประมาณร้อยละ 47.83 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 39.13 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 39.13 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น ผู้เรียนจะแสดงวิธีการหาขนาดของโมเมนตัม พร้อมเขียนหน่วย และการระบุทิศทางของโมเมนตัมได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกองค์ประกอบ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.11

1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

$$\begin{aligned}
 p &= mv \\
 &= 1.5 \times 10^4 \times 10 \\
 &= 1.5 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ ไปทางทิศตะวันออก}
 \end{aligned}$$

ภาพที่ 4.11 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 1

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 34.78 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 47.83 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น ผู้เรียนส่วนใหญ่จะคำนวณขนาดของโมเมนตัมได้ถูกต้อง แต่บางรายอาจจะลืมใส่หน่วยหรือลืมระบุทิศทางของโมเมนตัม จึงทำให้ตอบคำถามไม่ครบประเด็น ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.12

1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

$$\begin{aligned}
 p &= m\vec{v} \\
 &= 1.5 \times 10^4 (10) \\
 &= 1.5 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}
 \end{aligned}$$

ภาพที่ 4.12 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 1

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 8.70 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 13.04 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE

ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 8.70 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งลดลงจากเดิมที่อธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนส่วนใหญ่ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจะผิดพลาดตรงหน่วยของโมเมนตัมและบางรายระบุทิศทางของโมเมนตัมไม่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.13

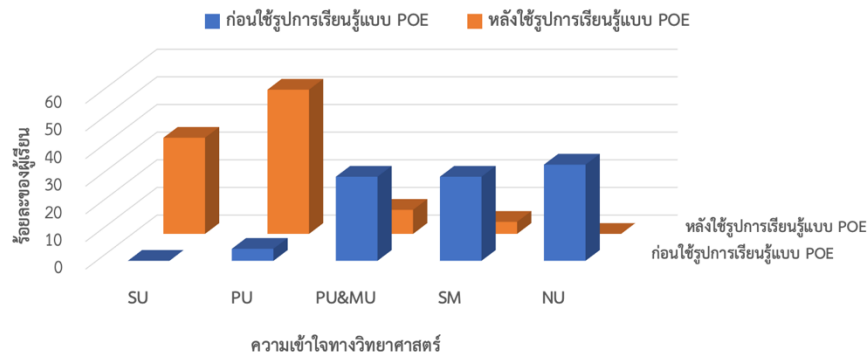
1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

$$\begin{aligned} \vec{P} &= m\vec{v} \\ &= 1.5 \times 10^4 (10) \\ &= 15 \times 10^4 \\ &= 15000 \text{ Kg} \cdot \text{ms} \end{aligned}$$

ภาพที่ 4.13 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 1

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 43.48 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.34 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามซึ่งลดลงจากเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามยังสับสนเรื่องทิศทางว่ามีผลอย่างไรต่อการหาค่าโมเมนตัม จึงทำการข้ามแบบฝึกหัดข้อนี้ไป

แบบทดสอบข้อที่ 2 มีคำถามว่า “การคล และ แรงคล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร” แนวการตอบคือ “แตกต่างกัน การคลคือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ส่วนแรงคลคืออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 2

จากภาพที่ 4.14 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 2 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 34.79 เขียนคำตอบในลักษณะที่ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ประมาณร้อยละ 52.17 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 34.78 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น โดยผู้เรียนจะมีการตอบคำถามอยู่ทั้งหมด 2 ส่วน คือ 1. อธิบายว่าแรงดลและการดลมีความแตกต่างกัน 2. อธิบายความหมายของการดลและแรงดลได้ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.15

2. การดล และ แรงดล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
 เสนอคำตอบ - การดล : การเปลี่ยนแปลงของ momentum ✓
 - แรงดล : อัตราการเปลี่ยนแปลงของ momentum ซึ่งเป็นปริมาณดล/หน่วยเวลา ✓
 เวลาที่เปลี่ยนไป ✓

ภาพที่ 4.15 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 2

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 4.35 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 52.17 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่จะอธิบายความหมายหรือนิยามของการคลและแรงคลได้ถูกต้อง แต่ล้มตอบว่าการคลและแรงคลมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงทำให้การตอบคำถามไม่ครบประเด็น ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.16

2. การคล และ แรงคล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

การคล คือ การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม หน่วยเป็น $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

แรงคล คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม หน่วยเป็น N

ภาพที่ 4.16 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 2

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 30.43 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 8.70 สามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีการอธิบายนิยามของการคลและแรงคลคลาดเคลื่อนอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.17

2. การคล และ แรงคล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

การคล คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงของวัตถุ

แรงคล คือ แรงที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น

ภาพที่ 4.17 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 2

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 30.43 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งลดลงจากเดิมโดยอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีการอธิบายนิยามของการคลและแรงคลคลาดเคลื่อน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.18

2. การคล และ แรงคล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

บททบทวน โดย แอดดัล กาล เนตั้น แปลงมวลโมเมนตัม และ การคล คือ อัตราการเปลี่ยน แปลง
โมเมนตัม ใน 1 หน่วยมวล

ภาพที่ 4.18 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 2

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 34.79 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แบบทดสอบข้อที่ 3 มีคำถามว่า “วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพงหลังจากชนวัตถุกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการคลและแรงคล” แนวการตอบคือ

“การคล กำหนดให้ ทิศความเร็วของวัตถุเข้าหากำแพงมีเครื่องหมาย –

ทิศความเร็วของวัตถุออกจากกำแพงมีเครื่องหมาย +

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

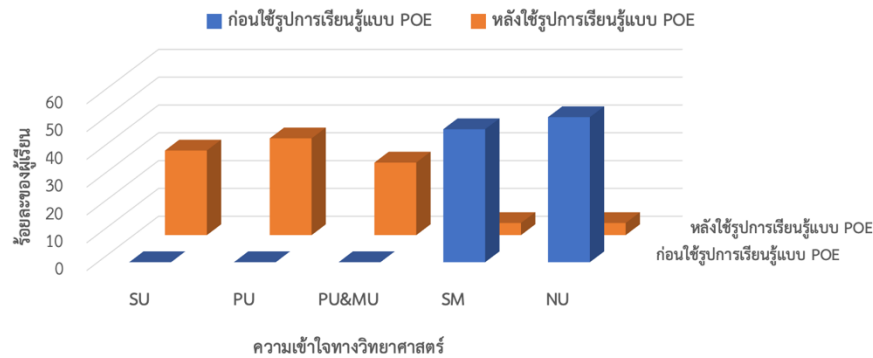
$$\Delta p = (4)(8) - (4)(-8) = 64 \text{ kg m/s}$$

การคลเท่ากับ 64 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที ในทิศทางออกกำแพง

แรงคล
$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ N}$$

แรงคลเท่ากับ 320 นิวตัน ในทิศทางออกกำแพง”

พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 3

จากภาพที่ 4.19 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 3 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 52.17 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ประมาณร้อยละ 34.78 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 30.43 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 30.43 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น โดยผู้เรียนได้คำนวณขนาดพารามิเตอร์ทางของแรงคลและการคลได้ถูกต้อง ทั้งสองประเด็น ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.20

3. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพง หลังจากชนวัตถุกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการดลและแรงดล

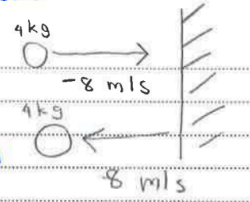
การดล

$$\Delta p = mv - mu$$

$$= (4)(8) - (4)(-8)$$

$$\Delta p = 64 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \quad \# \rightarrow \text{ตามที่สื่อกำหนด}$$

$$(\text{หรือ } -64 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$$



แรงดล

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ N} \quad \#$$

ภาพที่ 4.20 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 3

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะคำนวณขนาดของการดลและแรงดลถูกต้องแต่มีการระบุทิศทางของการดลและแรงดลไม่ชัดเจน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.21

3. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพง หลังจากชนวัตถุกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการดลและแรงดล

การดล : $\Delta p = -mv - mv$	แรงดล : $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$
$= -(4)(8) - (4)(8)$	$= \frac{64}{0.2}$
$= -64 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (ทิศตรงกันข้าม)	$F = 320 \text{ N}$

ภาพที่ 4.21 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 3

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่า

มีผู้เรียนร้อยละ 26.09 ซึ่งผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนเพิ่มขึ้น โดยผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง โดยผู้เรียนส่วนใหญ่จะคำนวณขนาดของการคลหรือแรงคลไม่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องหรือในบางรายอาจจะใส่ทิศทางผิดหรือไม่ใส่ทิศทาง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.22

3. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพง หลังจากชนวัตถุกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการคลและแรงคล

$p = mv$	$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$
$p = 4(8)$	$= \frac{32}{0.2}$
$= 32 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ✓	$= 160 \text{ N}$ ✗

ภาพที่ 4.22 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 3

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 47.83 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งลดลงจากเดิมโดยอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีการแทนเครื่องหมายในการคำนวณของการคลและแรงคลผิดพลาด จึงทำให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.23

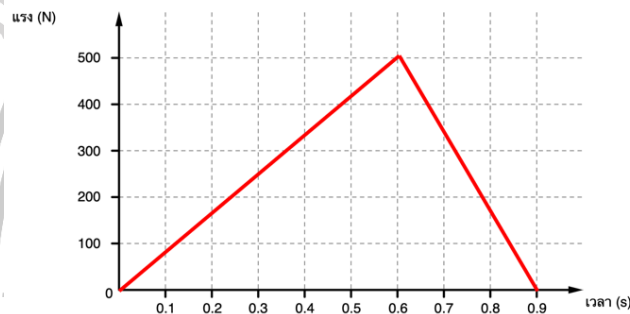
3. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพง หลังจากชนวัตถุกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการคลและแรงคล

	$I = \Delta p = p_2 - p_1$ $= -m_1 v_2 - m_1 v_1$ $= -(4)(8) - (4)(8)$ $= -24 - 24$ $= -48$	$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ $= \frac{48}{0.2}$ $= 240$
	$\therefore f = 48 \text{ N}$	$\therefore F = 240 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

ภาพที่ 4.23 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 3

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 52.17 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามซึ่งลดลงจากเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถตีความโจทย์ปัญหาข้อนี้ได้ จึงทำการข้ามแบบฝึกหัดข้อนี้ไป

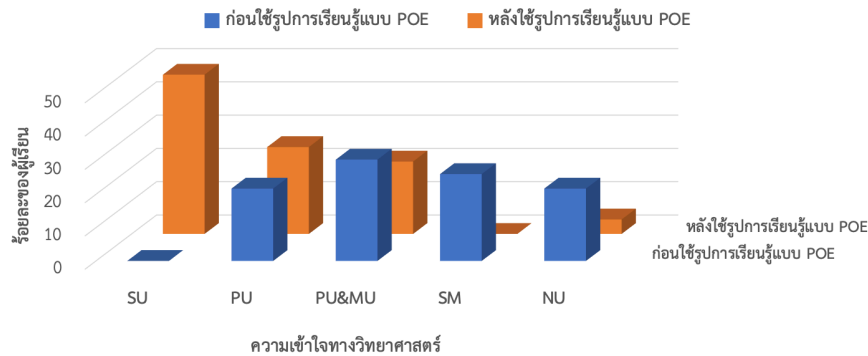
แบบทดสอบข้อที่ 4 มีคำถามว่า “จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา ดังรูป



ภาพที่ 4.24 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาในแบบทดสอบข้อที่ 4

จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด”

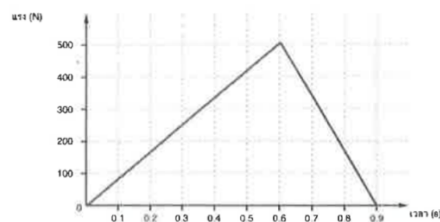
แนวการตอบคือ “พื้นที่ใต้กราฟ $= \frac{1}{2} \times 500 \times 0.9 = 225 \text{ Ns}$ และค่าพื้นที่ใต้กราฟแทนค่า การคล” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อน และหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 4

จากภาพที่ 4.25 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 4 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 30.43 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน เนื่องจากในแบบทดสอบข้อนี้เป็นการใช้ทักษะการคำนวณปริมาณต่างๆจากกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะด้านนี้อยู่แล้วแต่จะมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนในการตอบคำถามที่ว่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าปริมาณใดซึ่งผู้เรียนยังตอบคำถามส่วนนี้ไม่ถูกต้อง ซึ่งแสดงการตอบคำถามของแบบทดสอบข้อที่ 4 ก่อนเรียนดังภาพที่ 4.26

4. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาดังรูป



จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2} \times 0.9 \times 500 \\
 & = 0.9 \times 250 \\
 & = 225.0 \qquad \qquad \qquad = 225 \text{ เป็นค่าของแรงคูณเวลา}
 \end{aligned}$$

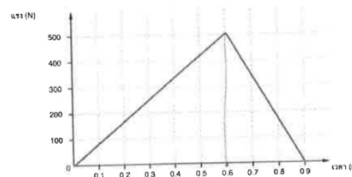
ภาพที่ 4.26 : ตัวอย่างแนวคำตอบของผู้เรียนก่อนเรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 4

และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ ศูนย์เป็นร้อยละ 47.83 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้าน วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมี แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อ จำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 47.83 มีแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น พบว่าผู้เรียนมี การแสดงวิธีการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟและระบุปริมาณทางฟิสิกส์จากการหาพื้นที่ใต้กราฟได้ ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.27

4. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา

ดังรูป



จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด

หท. ได้มวลเฟ้น. มวล (kg) ✓

$$\text{หท. ได้มวล} = \frac{1}{2} \times 0.6 \times 500 + \frac{1}{2} \times 0.3 \times 500$$

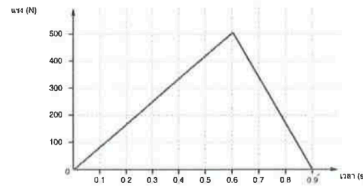
$$= 150 + 75$$

$$= 225 \text{ kg} \cdot \text{ms}^{-1} \times \checkmark$$

ภาพที่ 4.27 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ใน ระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 4

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียน มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 21.74 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 26.74 มี แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้อง บางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าส่วนใหญ่ผู้เรียนคำนวณพื้นที่ใต้กราฟได้ถูกต้อง แต่ตอบคำถาม ไม่ครบถ้วนในส่วนของการหาพื้นที่ใต้กราฟของกราฟที่นักเรียนคำนวณตรงกับปริมาณใดทางฟิสิกส์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.28

4. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา
ดังรูป



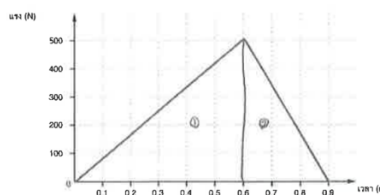
จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด

$$\begin{aligned} \text{พ.ท. ใต้กราฟ} &= \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง} \\ &= \frac{1}{2} \times 1.0 \times 500 \\ &= 250 \end{aligned}$$

ภาพที่ 4.28 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 4

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 30.43 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 21.74 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนแสดงวิธีการหาพื้นที่ใต้กราฟไม่ถูกต้องแต่ระบุปริมาณที่คำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟผิดพลาด ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.29

4. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา
ดังรูป



จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด

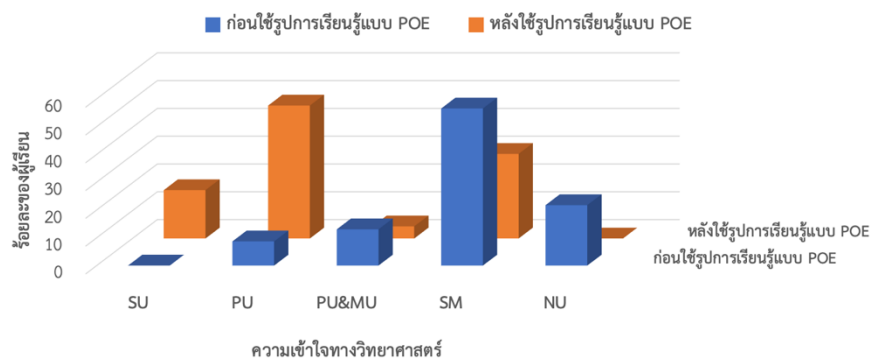
$$\begin{aligned} \text{พ.ท. ①} &= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 500 \\ &= 125 \\ \text{พ.ท. ②} &= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 500 \\ &= 125 \\ \text{พ.ท. ③} &= 125 + 125 \\ &= 250 \end{aligned}$$

ภาพที่ 4.29 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 4

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 26.09 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีพื้นฐานของการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ จึงทำให้เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ว่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าเป็นปริมาณใดทางฟิสิกส์

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 21.74 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.34 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามซึ่งลดลงจากเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม บอกว่าตนเองหาพื้นที่ใต้กราฟไม่ได้จึงไม่สามารถทำข้อนี้ได้เลยทำการข้ามแบบฝึกหัดข้อนี้ไป

แบบทดสอบข้อที่ 5 มีคำถามว่า “วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร” แนวการตอบคือ “โมเมนตัมของระบบมวลทั้งสองคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพราะการชนไม่มีแรงภายนอกกระทำ แรงที่เกิดจากการชนเป็นแรงภายในซึ่งแรงลัพธ์ของแรงภายในมีค่าเป็นศูนย์เสมอ” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.30



ภาพที่ 4.30 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 5

จากภาพที่ 4.30 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 5 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 56.52 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เนื่องจากในแบบทดสอบข้อนี้เป็นคำถามที่มีคำตอบเฉพาะเจาะจงอยู่แล้วนั่นคือเปลี่ยนแปลงและไม่เปลี่ยนแปลง จึงมีโอกาที่ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบถูกต้องบางส่วนและพบว่าผู้เรียนที่ตอบคำถามส่วนนี้ถูกต้องจะไม่สามารถอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ ซึ่งแสดงการตอบคำถามของแบบทดสอบข้อที่ 5 ก่อนเรียนดังภาพที่ 4.31

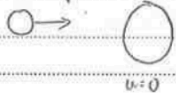
5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
.....โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปมาก ในขณะที่มวลรวมของวัตถุไม่เปลี่ยน.....

ภาพที่ 4.31 : ตัวอย่างแนวคำตอบของผู้เรียนก่อนเรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 5

และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ร้อยละ 47.83 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 17.39 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding; SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 17.39 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น นั่นคือผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.32

5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร



.....โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสอง ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะจากกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัมที่ค่าทำ EP ก่อน = EP หลัง ซึ่ง EP ดังโมเมนตัมของระบบ กล่าว โมเมนตัมของระบบจะคงมีค่าเท่ากัน ทั้งก่อนชน และหลังชน วัตถุจึงไม่มีการ เปลี่ยนแปลง โมเมนตัม

ภาพที่ 4.32 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 5

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 8.70 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 47.83 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้องแต่การอธิบายเหตุผลของคำตอบนั้นยังไม่ชัดเจน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.33

5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
ไม่เปลี่ยนแปลง ΣP ก่อน = ΣP หลัง

ภาพที่ 4.33 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 5

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 13.04 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งลดลงจากเดิมโดยผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลของคำตอบคลาดเคลื่อน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.34

5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เลื่อนกัน พ.จ. ดาที่โมเมนตัมมีค่าเท่าเดิมแต่วัตถุเคลื่อนที่ไปคนละทิศ

ภาพที่ 4.34 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 5

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 56.52 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 30.43 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลคาดเคลื่อนและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.35

5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

เปลี่ยนแปลง โดย วัตถุเล็กจะเคลื่อนที่ช้าลง แล้วจะชนกับ วัตถุ ใหญ่
 คสม เมื่อชนลง ทั้งสองวัตถุจะติดกันแล้ว วัตถุจะเคลื่อนที่ไปด้วยกัน
 ที่ต่อๆ ต่อมาแล้ว ไป ในทิศทางเดียวกับที่วัตถุเล็กเคลื่อนที่

$$u_1 \quad u_2 \quad \Rightarrow \quad v_1 \quad v_2$$

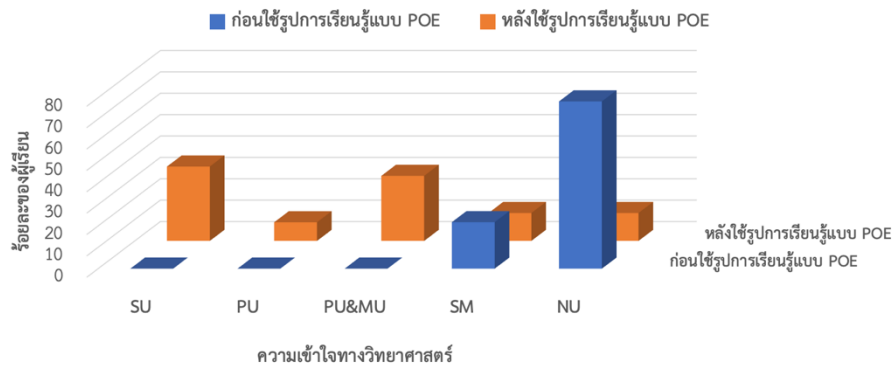
ภาพที่ 4.35 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 5

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 21.74 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แบบทดสอบข้อที่ 6 มีคำถามว่า “ลูกหินทรงกลมมวล 2m ชนตกลงพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวดิ่ง v เกิดการติดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด” แนวการตอบคือ “กำหนดให้ ทิศความเร็วของวัตถุในทิศขึ้นมีเครื่องหมาย + ทิศความเร็วของวัตถุในทิศลงมีเครื่องหมาย -

$$\begin{aligned} p_i &= p_f \\ -2mv &= mv + mv_f \\ v_f &= -3v \end{aligned}$$

พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.36 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 6

จากภาพที่ 4.36 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 6 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 78.26 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 34.78 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็นดังแสดงตัวอย่าง พบว่าผู้เรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อได้มาซึ่งคำตอบได้ถูกต้องโดยที่มีการระบุทิศทางของความเร็วได้ชัดเจน ภาพที่ 4.37

6. ลูกหินทรงกลมมวล $2m$ ชนกระทกลางพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวดิ่ง v เกิดการติดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

ก่อน หลัง

$$\Sigma P \text{ ก่อน} = \Sigma P \text{ หลัง}$$

$$m\vec{u} = m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2$$

$$2m\vec{v} = -m\vec{v} + m\vec{V}_2$$

$$3m\vec{v} = m\vec{V}_2$$

$$\vec{V}_2 = 3\vec{v}$$

ภาพที่ 4.37 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 6

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 8.70 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่านักเรียนแสดงการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีการระบุเครื่องหมายของความเร็วไม่ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.38

6. ลูกหินทรงกลมมวล 2m ขณะตกลงพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวดิ่ง v เกิดการติดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{ก่อนชน}} &= \sum P_{\text{หลังชน}} \\ 2mv_1 &= m v_1 + m v_2 \\ 2mv &= m(v_1 + v_2) \\ 2mv &= m(-v - v_2) \\ 2v &= -v - v_2 \\ 3v &= -v_2 \end{aligned}$$

∴ v_2 เคลื่อนที่ขึ้นด้วย ความเร็วเป็น 3 เท่าของ v

ภาพที่ 4.38 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 6

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 30.43 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนสามารถระบุหรือกำหนดทิศทางของความเร็วได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อยืนยันคำตอบไม่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.39

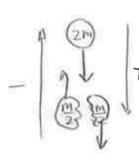
6. ลูกหินทรงกลมมวล 2m ขณะตกลงพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวดิ่ง v เกิดการติดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

$$\begin{aligned} 2xy &= xy + xz \\ 2xy &= xz \\ \sum P_{\text{ก่อนชน}} &= \sum P_{\text{หลังชน}} \\ 2m_1 u_1 &= m_1 v_1 + m_1 v_2 \\ 2m_1 v_1 &= m_1 v_2 \\ \frac{2m_1 v_1}{m_1} &= \frac{m_1 v_2}{m_1} \\ 2v_1 &= v_2 \end{aligned}$$

∴ ความเร็ว $v_{\text{ลง}}$ คือ v ขึ้น

ภาพที่ 4.39 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 6

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 21.74 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 13.045 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้องและไม่ได้แสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.40



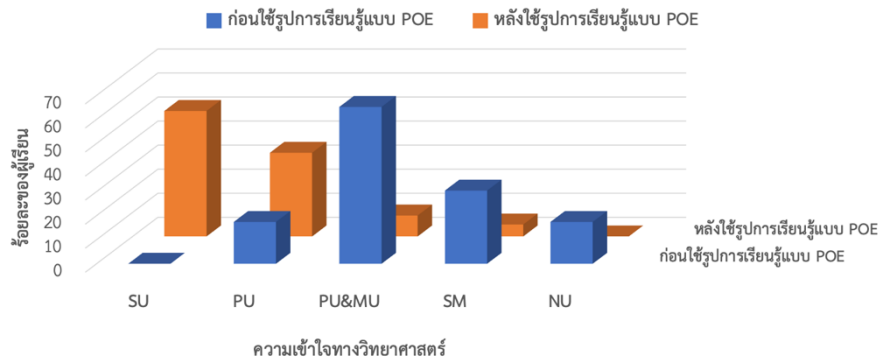
6. ลูกหินทรงกลมมวล 2m ชนะตกลงพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวตั้ง v เกิดการติดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

$$2mv = \frac{m}{2}(-v) + \frac{m}{2}(v)$$

ภาพที่ 4.40 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 6

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 78.26 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 13.045 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามซึ่งลดลงจากเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม บอกว่า เมื่อทำการอ่านโจทย์ปัญหาข้อนี้กลุ่มตัวอย่างไม่มีแนวคิดเลยว่าจะเริ่มต้นอย่างไรเลยทำการข้ามแบบฝึกหัดข้อนี้ไป

แบบทดสอบข้อที่ 7 มีคำถามว่า “การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” แนวการตอบคือ “การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นมีโมเมนตัมของระบบคงตัวหรือเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเหมือนกัน แต่การชนแบบยืดหยุ่น มีการอนุรักษ์พลังงานจลน์ของระบบ ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่มีการอนุรักษ์พลังงานจลน์” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.41



ภาพที่ 4.41 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 7

จากภาพที่ 4.41 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 7 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 65.21 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน เนื่องจากในแบบทดสอบข้อนี้ เป็นคำถามที่มีคำตอบเฉพาะเจาะจงจึงทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีโอกาที่จะตอบในส่วนคำถามแรกได้ถูกต้องแต่พบว่าเมื่อผู้เรียนอธิบายเหตุผลของการตอบคำถามยังไม่สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนและครบประเด็น ซึ่งแสดงการตอบคำถามของแบบทดสอบข้อที่ 7 ก่อนเรียนดังภาพที่ 4.42

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนกันหรือไม่แตกต่างกันอย่างไร

การชนแบบยืดหยุ่น กับ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น แตกต่างกัน เพราะ การชนแบบยืดหยุ่น ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ส่วน การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เป็นการชนแบบที่สูญเสียพลังงาน

ภาพที่ 4.42 : ตัวอย่างแนวคำตอบของผู้เรียนก่อนเรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน of แบบทดสอบข้อที่ 7

และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 52.17 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 52.17 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็นดังแสดงตัวอย่าง

โดยมีการระบุความเหมือนหรือความแตกต่างได้ถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน ดังภาพที่ 4.43

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แตกต่างกัน โดยการชนแบบยืดหยุ่น จะใช้โมเมนตัมและพลังงานจลน์ในการคำนวณ ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่น จะใช้โมเมนตัมในการคำนวณ และพลังงานจลน์จะลดลงหรือหายไปบางส่วน

ภาพที่ 4.43 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 7

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 17.39 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น โดยผู้เรียนตอบคำถามความเหมือนหรือความแตกต่างได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลของคำตอบไม่ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.44

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แตกต่างกัน ΣP ก่อนชน = ΣP หลังชน
 ΣE_k ก่อนชน = ΣE_k หลังชน
 ไม่ยืดหยุ่น ΣP ก่อนชน = ΣP หลังชน
 ΣE_k ก่อนชน > ΣE_k หลังชน

ภาพที่ 4.44 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 7

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 65.21 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 8.70 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งลดลงจากเดิมโดยผู้เรียนสามารถ

ตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนสามารถตอบคำถามความเหมือนหรือความแตกต่างได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบได้ไม่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.45

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แตกต่างกัน โดยการชนแบบยืดหยุ่น โมเมนตัมรวมก่อนชนกับหลังชน จะเท่ากัน แต่การชนแบบไม่ยืดหยุ่น โมเมนตัมก่อนชนจะมากกว่าหลังชน

ภาพที่ 4.45 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 7

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 30.43 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 4.95 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียน ไม่ตอบคำถามแรกว่าการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นมีความเหมือนหรือแตกต่างกันและมีการอธิบายโดยใช้เหตุผลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.46

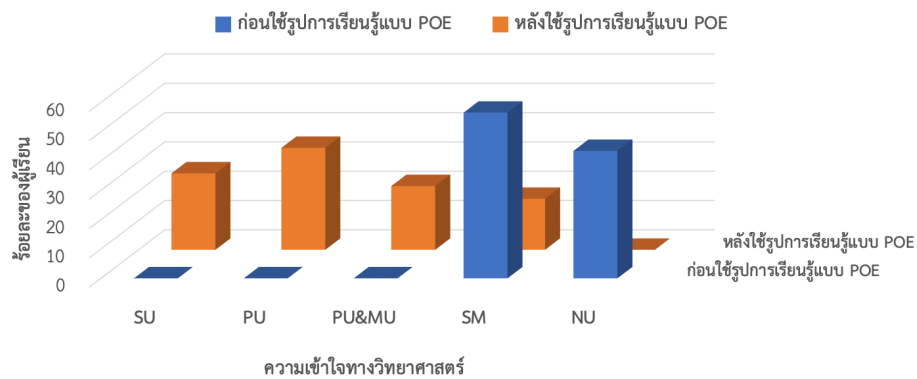
7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

การชนแบบยืดหยุ่น และ ไม่ยืดหยุ่น ก่อนชนและหลังชน จะมี การเคลื่อนที่ต่างกัน และ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น หลังชนแล้วจะเคลื่อนที่ไปด้วยกัน

ภาพที่ 4.46 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 7

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 17.39 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แบบทดสอบข้อที่ 8 มีคำถามว่า “การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด” แนวการตอบคือ “ไม่เสมอไป เพราะจะต้องพิจารณาว่าพลังงานจลน์ของระบบอนุรักษ์หรือไม่ ถ้าพลังงานจลน์ของระบบอนุรักษ์แสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น แต่ถ้าพลังงานจลน์ของระบบไม่อนุรักษ์ แสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.47



ภาพที่ 4.47 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 8

จากภาพที่ 4.47 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 8 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 56.52 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เนื่องจากในแบบทดสอบข้อนี้ เป็นคำถามที่คำตอบมีความเฉพาะเจาะจงนั่นคือใช่หรือไม่ใช่ ซึ่งมีโอกาสที่ผู้เรียนส่วนใหญ่จะตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่พบว่าย่อธิบายเหตุผลของคำตอบไม่ถูกต้อง ซึ่งแสดงการตอบคำถามของแบบทดสอบข้อที่ 8 ก่อนเรียนดังภาพที่ 4.48

8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

ไม่ยืดหยุ่น เพราะ โมเมนตัม แยกออกจากกันของวัตถุ ไม่เกิดพลังงาน

ภาพที่ 4.48 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 8

และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ร้อยละ 34.78 และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 26.09 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 26.09 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็นดังแสดงตัวอย่าง โดยผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์และเป็นไปตามหลักแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 4.49

8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

ใช่ตามภาพที่เห็น เหนือยังมีค่าความยาวค่าพลังก่อนชน และพลังหลังชน
ถ้ามีค่าเท่ากันหรือไม่ หากไม่แสดงก่อนชนและหลังชนเท่ากัน ก็จะเป็นการ
การชนแบบยืดหยุ่นและ แบบไม่ยืดหยุ่น แต่หากพลังหลังชนของระบบหลังชน
น้อยกว่าก่อนชนจะเป็นการชนแบบ ไม่ยืดหยุ่น เพราะแบบยืดหยุ่นจะมีความยาวกับโมเมนตัม
และ พลังงานคงที่

ภาพที่ 4.49 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 8

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีตอบคำถามถูกต้อง และสามารถอธิบายเหตุผลได้แต่ไม่ครบประเด็น ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.50

8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

ใช่แน่นอน เพราะค่า E_k ก่อน & หลัง
ยังไม่เท่ากัน เนื่องจาก พลังงานก่อนชนวัตถุ ก่อน & หลัง คงที่แต่เปลี่ยนแบบไม่ได้
โดยขึ้นอยู่กับ m และ v

ภาพที่ 4.50 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 8

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 21.74 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามไม่ถูกต้องและบางครั้งก็สามารถอธิบายเหตุผลโดยยึดตามหลักการชนโดยอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมหรือการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.51

8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

ใช่ เพราะ การชนแบบไม่ยืดหยุ่นเกิดได้ทั้งแบบหลังชนวัตถุแยกจากกัน หรือ แบบติดกันไป ซึ่งสามารถเช็คได้จาก ค่า E_k

$\Sigma E_k \text{ ก่อนชน} = \Sigma E_k \text{ หลังชน} = \text{ชนแบบยืดหยุ่น}$
 $\Sigma E_k \text{ ก่อนชน} > \Sigma E_k \text{ หลังชน} = \text{ชนแบบไม่ยืดหยุ่น}$

ภาพที่ 4.51 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 8

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 56.52 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 17.39 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือพบว่าผู้เรียนไม่สามารถที่จะตอบคำถามไม่ถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผลได้ไม่เป็นที่ไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.52

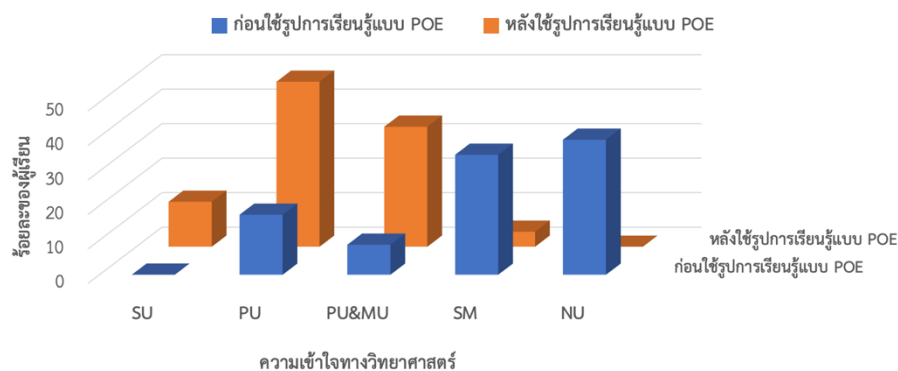
8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

ถูกต้องเพราะ $E_k \text{ ก่อน} = E_k \text{ หลัง}$ แล้ว 11.1 : วัตถุแยกออกจากกัน

ภาพที่ 4.52 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 8

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 43.48 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แบบทดสอบข้อที่ 9 มีคำถามว่า “การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไป เป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด” แนวการตอบคือ “เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพราะมีการสูญเสียพลังงานจลน์หลังชน ทำให้พลังงานจลน์ไม่อนุรักษ์” พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.53



ภาพที่ 4.53 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 9

จากภาพที่ 4.53 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 9 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 39.13 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 13.04 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 13.04 มีแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็น พบว่าผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผลได้ครบประเด็น ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.54

9. การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไปเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด
ไม่ยืดหยุ่น เพราะ ไม่ได้มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น เกิดการสั่น Etc หลังจากเกิดกรณี

ภาพที่ 4.54 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 9

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 17.39 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 47.83 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าส่วนใหญ่ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องว่าเป็นการชนประเภทใดแต่ยังอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ไม่ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.55

9. การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไปเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด
เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เหนือ : พลังงานจลน์ ไม่เพิ่มขึ้น คงเดิมหรือลดลง

ภาพที่ 4.55 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 9

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 8.70 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 34.78 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบบางส่วนไม่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.56

9. การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไปเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด
ไม่ยืดหยุ่น เพราะ วัตถุเมื่อชนกันมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

ภาพที่ 4.56 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนของแบบทดสอบข้อที่ 9

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 34.78 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามได้และอธิบายเหตุผลของคำตอบไม่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.57

9. การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไปเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด

ยังไม่ชนเพราะ ยังชนอยู่ สามารถติดกันได้

ภาพที่ 4.57 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 9

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 39.13 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แบบทดสอบข้อที่ 10 มีคำถามว่า “รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรงกับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด ”

แนวการตอบคือ “เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากพลังงานจลน์รวมของระบบเปลี่ยนแปลงไม่อนุรักษ์

$$E_{k\text{ก่อนชน}} = \frac{1}{2}m_A u_A^2 + \frac{1}{2}m_B u_B^2$$

$$E_{k\text{ก่อนชน}} = \frac{1}{2}(1)(1.2)^2 + \frac{1}{2}(0.5)(1)^2$$

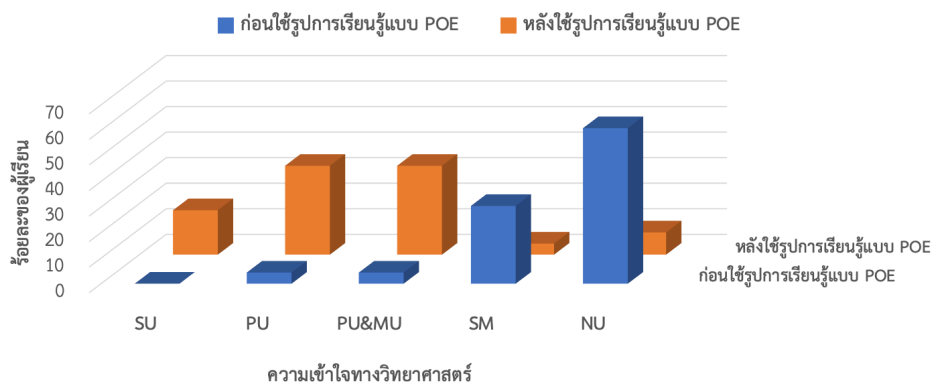
$$E_{k\text{ก่อนชน}} = 0.72 + 0.25 = 0.97 \text{ J}$$

$$E_{k\text{หลังชน}} = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

$$E_{k\text{หลังชน}} = \frac{1}{2}(1)(0.6)^2 + \frac{1}{2}(0.5)(0.8)^2$$

$$E_{k\text{หลังชน}} = 0.18 + 0.16 = 0.34 \text{ J}$$

พิจารณาคำตอบของผู้เรียนและทำการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน ได้ดังภาพที่ 4.58



ภาพที่ 4.58 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผู้เรียนกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 10

จากภาพที่ 4.58 พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 10 ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 60.87 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องโมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน เท่ากันเท่ากับ ร้อยละ 34.78 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละศูนย์เป็นร้อยละ 17.39 โดยแสดงคำตอบและการวิเคราะห์ผลการประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับดังนี้

1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ร้อยละ 0 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 17.39 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากสามารถตอบคำถามถูกต้องและครบประเด็นดังแสดงตัวอย่างพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการคำนวณพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนได้ถูกต้องและพบว่าพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเนื่องจากพลังงานจลน์ก่อนชน ไม่เท่ากับพลังงานจลน์หลังชน ดังภาพที่ 4.59

10. รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรง กับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด

$m_1 = 1 \text{ kg}$		
$u_1 = +1.2 \text{ m/s}$	$E_k \text{ ก่อนชน}$	$E_k \text{ หลังชน}$
$m_2 = 0.5 \text{ kg}$		
$u_2 = -1 \text{ m/s}$	$= \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$	$= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$
$v_1 = 0.6 \text{ m/s}$	$= \frac{1}{2} \times 1 \times 1.44 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times (1)$	$= \frac{1}{2} \times 1 \times 0.36 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times 0.64$
$v_2 = 0.8 \text{ m/s}$	$= 0.72 + 0.25$	$= 0.18 + 0.16$
	$= 0.97 \text{ J}$	$= 0.34 \text{ J}$

$\therefore$ เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพราะ $E_k \text{ ก่อนชน} \neq E_k \text{ หลังชน}$

ภาพที่ 4.59 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบข้อที่ 10

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: PU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนอยู่ร้อยละ 4.35 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องโมเมนตัมและการชนพบว่าผู้เรียนร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากผู้เรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบประเด็น พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายเหตุผลและระบุชนิดของการชนได้ถูกต้อง แต่ยังแสดงวิธีการคำนวณพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนไม่ถูกต้องบางส่วน ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.60

10. รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรง กับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา

การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด

ก่อนชน หลังชน

$U_1 = 1.2 \text{ m/s}$ $U_2 = 1 \text{ m/s}$ $V_1 = 0.6$ $V_2 = 0.8$

$\Sigma E_k \text{ ก่อนชน} = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$

$= \frac{1}{2} (1.44 + (-0.5)) = 0.47 \text{ J}$ ✗

$\Sigma E_k \text{ หลังชน} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$= \frac{1}{2} (0.36 + 0.32) = 0.34 \text{ J}$ ✗

เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพราะมีการสูญเสียพลังงานจลน์ หลังชน ✓

ภาพที่ 4.60 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนរបស់แบบทดสอบข้อที่ 10

3) แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding & Misconception: PU&MU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ร้อยละ 4.35 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 34.78 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่อธิบายบางส่วนไม่ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.61

10. รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรง กับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา

การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด

A₁ $\dot{p} = m \dot{v}$ A₂ $\dot{p} = m \dot{v}$ เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$= 1 \times 1.2$ $= 1 \times 0.6$ เพราะ โมเมนตัมรวมก่อนชน

$= 1.2$ $= 0.6$ มากกว่า หลังชน

B₁ $\dot{p} = m \dot{v}$ B₂ $\dot{p} = m \dot{v}$

$= 0.5 \times 1$ $= 0.5 \times 0.8$

$= 0.5$ $= 0.4$

$1.2 + 0.5 > 0.6 + 0.4$

$= 1.7 > 1$

ภาพที่ 4.61 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนរបស់แบบทดสอบข้อที่ 10

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception, specific misconception: SM) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 30.43 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่ามีผู้เรียนร้อยละ 4.35 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอธิบายคำตอบด้วยเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.62

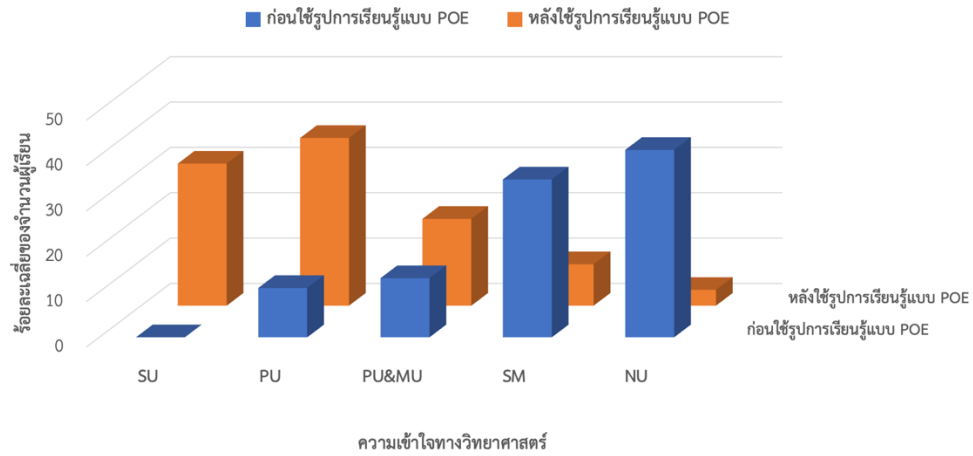
10. รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรง กับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด

การชนแบบยืดหยุ่น

ภาพที่ 4.62 : ตัวอย่างแนวคำตอบหลังเรียนของผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับแนวคิดคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบข้อที่ 10

5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (with answer, no conception, no understanding: NU) พบว่าก่อนเรียนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามอยู่ร้อยละ 60.87 และหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผู้เรียนร้อยละ 8.70 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถามซึ่งลดลงจากเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม บอกว่า เมื่อทำการอ่านโจทย์ปัญหาข้อนี้กลุ่มตัวอย่างไม่มีแนวคิดเลยว่าจะเริ่มต้นอย่างไรเลยทำการข้ามแบบฝึกหัดข้อนี้ไป

จากผลการศึกษาข้างต้นเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์ร้อยละเฉลี่ยของจำนวนผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงผลดังภาพที่ 4.63

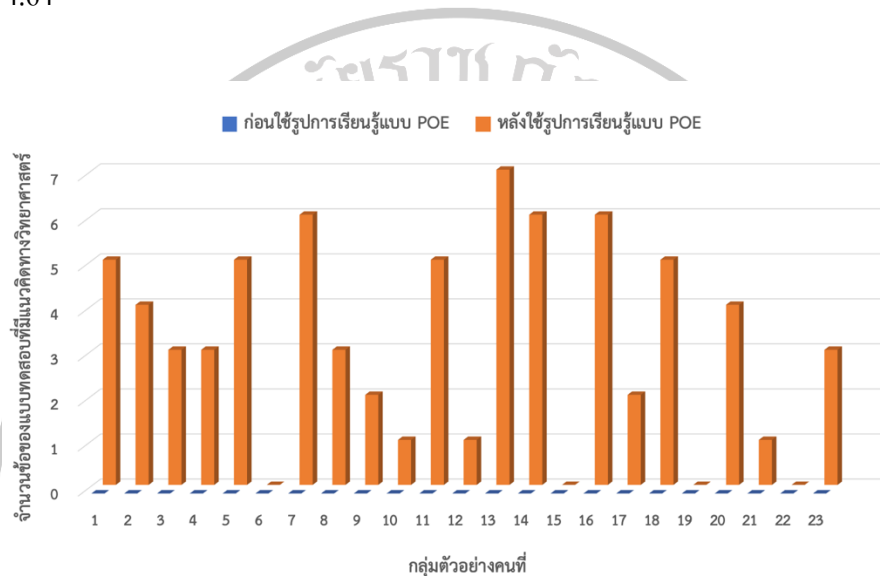


ภาพที่ 4.63 : ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเฉลี่ยของจำนวนผู้เรียนและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

จากภาพที่ 4.63 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเฉลี่ยของผู้จำนวนผู้เรียนและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประเภท พบว่าเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปใช้ในการ จัดการเรียนการสอนผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 31.30 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10.87 เป็นร้อยละ 36.96 แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 13.04 เป็นร้อยละ 19.13 แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 34.78 เป็นร้อยละ 9.13 และไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 41.30 เป็นร้อยละ 3.48

(2) ผลการวิเคราะห์การประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

ในการวิเคราะห์การประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล ก่อนและหลังนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัม และการชน ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนพบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) ดังภาพที่ 4.64



ภาพที่ 4.64 : ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อของแบบทดสอบที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ของกลุ่มตัวอย่างแยกเป็นรายบุคคล

จากภาพที่ 4.64 พบว่า ก่อนใช้กลุ่มรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง กลุ่มตัวอย่างทุกคนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามของแบบทดสอบอย่างถูกต้องครบถ้วนและตรงประเด็น และเมื่อกลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้ผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง พบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบอยู่ระหว่าง 5 ถึง 7 ข้อจากจำนวนแบบทดสอบทั้งหมด 10 ข้อ และกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 43.48 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 ข้อ และพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 17.39 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เมื่อทำการพิจารณากลุ่มตัวอย่างดังกล่าวพบว่ากลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) เป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามประเด็นปัญหาในการตอบแบบทดสอบ พบว่ากลุ่มตัวอย่างดังกล่าวยังมีปัญหาเรื่องของการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การเลือกใช้สมการ และการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการสรุปผลตามลำดับดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

1. ผลการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าการจัดการเรียนรู้ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีคะแนนด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัยเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 90

2. ผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการวิเคราะห์ผลการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (2) การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และ (3) การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 62.77 โดยพบว่าหลังใช้

รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ร้อยละ 51 ขึ้นไป การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายข้อ (2) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล และ (3) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย พบว่า (1) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายข้อจากแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ มีข้อสอบที่ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงอยู่จำนวน 1 ข้อและมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 9 ข้อ (2) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 47.83 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงและระดับต่ำอยู่ร้อยละ 39.13 และ 13.04 ตามลำดับ (3) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างได้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายข้อ และ (2) ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล พบว่า (1) ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายข้อ เมื่อทำการพิจารณาร้อยละเฉลี่ยของจำนวนผู้เรียนและความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 31.30 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10.87 เป็นร้อยละ 36.96 แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 13.04 เป็นร้อยละ 19.13 แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 34.78 เป็นร้อยละ 9.13 และไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 41.30 เป็นร้อยละ 3.48 (2) ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล พบว่า ก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนทุกคนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามของแบบทดสอบได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์และเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 5 ถึง 7 ข้อจากแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ และกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 43.48 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 ข้อ และยังพบว่ามียกกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 17.39 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

อภิปรายผล

จากการวิจัยศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถอภิปรายผลดังนี้

1. ผลการศึกษารูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปใช้กับนักเรียนพบว่าผู้เรียนสามารถเกิดองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน โดยแต่ละแผนจะได้ทำการแทรกขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ซึ่งผู้เรียนจะได้นำความรู้เดิมไปทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพของการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางฟิสิกส์และทำให้ผู้เรียนเข้าใจในหลักการทฤษฎีมากขึ้นและนำหลักการและทฤษฎีเหล่านั้นไปเขียนอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (constructivism) ที่ฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถนำความรู้เดิมไปต่อยอดทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ได้ โดยผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนมีคะแนนด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัยเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 90 โดยจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่ามีความตั้งใจในการค้นหาคำตอบ และยอมรับกับความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการสังเกตถึงแม้ว่าองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นจะขัดแย้งกับผลของการทำนายก่อนหน้านี้ก็ตาม

2. ผลของการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการวิเคราะห์ผลการส่งเสริมและเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

(1) การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 62.77 โดยพบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน สามารถพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

(2) การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ ของผู้เรียนพบว่า (1) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ได้ค่า $\langle g \rangle$ อยู่ระหว่าง 0.45 กับ 0.72 (2) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ได้ค่า $\langle g \rangle$ อยู่ระหว่าง 0.18 กับ 0.84 (3) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างได้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ได้ $\langle g \rangle = 0.59$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉันทนันท์ เหลียวพงษ์ และ ศักดิ์ศรี สุภาธร (2563) ที่พบว่าค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.68$) และงานวิจัยของ Siti Sarah et al. (2021) พบว่าเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.60$) ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยระบุเพิ่มเติมว่าการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สามารถปรับปรุงความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนได้ด้วย

(3) การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายข้อ และ ระดับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล พบว่า

ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายข้อ โดยแบ่งการประเมินไว้ดังนี้ แบบทดสอบข้อที่ 1, ประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม แบบทดสอบข้อที่ 2,3 และ 4 ประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การคล แรงคล แบบทดสอบข้อที่ 5 ประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แบบทดสอบข้อที่ 6,7,8,9 และ 10 ประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนกันของวัตถุ โดยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ การประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม (แบบทดสอบข้อที่ 1) พบว่า หลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนถึงร้อยละ 47.83 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 39.13 เมื่อทำการวิเคราะห์ในแบบทดสอบข้อนี้พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนนั้นตอบคำถามไม่ครบถ้วน ตกหล่นในประเด็นทิศทางของโมเมนตัม การประเมินความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง การคล แรงคล (แบบทดสอบข้อที่ 2,3 และ 4) พบว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 2 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นข้อแตกต่างระหว่างการคลและแรงคล หลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนประมาณร้อยละ 52.17 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคำตอบของผู้เรียนพบว่าผู้เรียน ส่วนใหญ่นั้นลืมตอบคำถามให้ครบประเด็นโดยพบว่าประเด็นที่ลืมตอบคือผู้เรียนลืม

ตอบว่า “การคลและแรงคลมีความแตกต่างกันหรือไม่” และพบว่าส่วนใหญ่ผู้เรียนสามารถอธิบายนิยามของการคลและแรงคลได้ถูกต้อง แบบทดสอบข้อที่ 3 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทักษะในการคำนวณการคลและแรงคล หลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนประมาณร้อยละ 34.78 เมื่อพิจารณาจากคำตอบของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่คำนวณขนาดของการคลและแรงคลถูกต้อง แต่ระบุทิศทางไม่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลของแบบทดสอบข้อที่ 1 ที่นักเรียนส่วนใหญ่ตกหล่นประเด็นเรื่องของทิศทางเช่นกัน แบบทดสอบข้อที่ 4 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทักษะในการคำนวณ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาเพื่อคำนวณหาค่าการคล พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 47.83 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาและสามารถประมวลผลของข้อมูลจากกราฟได้ การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (แบบทดสอบข้อที่ 5) พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนประมาณร้อยละ 47.83 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคำตอบของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนยังอธิบายเหตุผลของคำตอบไม่ชัดเจน การประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนกันของวัตถุโมเมนตัม (แบบทดสอบข้อที่ 6,7,8,9 และ 10) ในแบบทดสอบข้อที่ 6 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นการระเบิดหรือการแยกตัวออกจากกันของวัตถุ พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 32.78 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคำตอบของผู้เรียนพบว่าผู้เรียน ส่วนใหญ่สามารถมองเห็นภาพของการแยกตัวออกจากกันของวัตถุและสามารถคำนวณค่าขนาดและระบุทิศทางของความเร็วได้ชัดเจนและถูกต้อง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชนทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น ในแบบทดสอบข้อที่ 7 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็น ความแตกต่างระหว่างการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 52.17 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแยกความแตกต่างระหว่างการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นพร้อมอธิบายความแตกต่างได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตรงประเด็น ในแบบทดสอบข้อที่ 8 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นการวิเคราะห์ชนิดของการชน พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้

แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนร้อยละ 34.78 พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลยังไม่ครบถ้วนตรงประเด็น เช่นเดียวกับแบบทดสอบข้อที่ 9 ที่เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นการวิเคราะห์ชนิดของการชนพบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนร้อยละ 47.83 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคำตอบของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ยังอธิบายเหตุผลไม่ครบถ้วนตรงประเด็น เช่นเดียวกันกับข้อ 8 ในแบบทดสอบข้อที่ 10 เป็นการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นการวิเคราะห์ชนิดของการชน พบว่าหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนเท่ากันอย่างละร้อยละ 34.78 โดยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่ออธิบายที่มาของคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตรงประเด็นและบางส่วนก็คำนวณและอธิบายไม่ถูกต้อง และร้อยละเฉลี่ยของจำนวนผู้เรียนและความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 31.30 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10.87 เป็นร้อยละ 36.96 แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 13.04 เป็นร้อยละ 19.13 แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 34.78 เป็นร้อยละ 9.13 และ ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) ลดลงจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 41.30 เป็นร้อยละ 3.48 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิธร แสนพันธุ และคณะ (2561) โดยภาพรวมหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและจำนวนนักเรียนที่คลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 61.60 และหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นและมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนลดลง และพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนร้อยละ 44.80 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 40.80 และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 14.66

ผลการประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล พบว่า ก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้เรียนทุกคนไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามของแบบทดสอบได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์และเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ไปจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพบว่ากลุ่มตัวอย่าง

ร้อยละ 34.78 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 5 ถึง 7 ข้อจากแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ และกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 43.48 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 ข้อ และยังพบว่ามียุทธศาสตร์ร้อยละ 17.39 ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรณปพร วอทอง และคณะ (2566) ที่พบว่าจำนวนผู้เรียนหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยรวมร้อยละ 18.40 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE เป็นวิธีการสอนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเกิดองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์ใด ปรากฏการณ์หนึ่งที่ได้จากการทำนาย สังเกต และอธิบายด้วยเหตุผลโดยอาศัยหลักและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองหรือพัฒนาต่อองค์ความรู้จากองค์ความรู้เดิมให้มีความเป็นระเบียบมากขึ้นส่งผลต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนอธิบายผ่านแนวทางของคำตอบได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและตรงประเด็นมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในขั้นตอนของการทำนาย ผู้สอนต้องคอยเน้นย้ำให้ผู้เรียนให้เขียนผลการทำนายจากความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่โดยไม่ต้องสนใจความถูกต้อง โดยครูอาจจะต้องพยายามอธิบายให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจตรงจุดนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบผลการทำนายกับผลของการสังเกตได้ เป็นการเสริมสร้างสมรรถนะการคิดขั้นสูงให้กับผู้เรียนอีกด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

ในงานวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำรูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ไปเสริมสร้างสมรรถนะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือการคิดอย่างเป็นระบบเพราะรูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สร้างกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกการคิดขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- กัญญารัตน์ โคจร. (2562). การใช้แนวทางการศึกษาผ่านบทเรียนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 25(2), 35-51.
- จักรพันธ์ แซ่ไคว้, วัฒนา รัตนพรหม และกฤษณี สงสวัสดิ์. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (7E) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 8(2), 423-440.
- จิราภรณ์ ปุณยวัฒน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวานิชย์ (2562). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง กรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 30(1), 71-84.
- ชาญวิทย์ คำเจริญ และขวัญหทัย กวดนอก. (2563). การตรวจสอบการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สำหรับการสอนไฟฟ้ากระแสตรง. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(2), 25-37.
- ชาญวิทย์ คำเจริญ และดารกา พลึง (2562). การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง. *วารสารศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(3), 13-24.
- จิตติมา นันตีสู้ (2564). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบพีโออี ที่มีต่อมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แสงและการมองเห็น. *วารสารวิชาการบัณฑิตศึกษา และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 11(2), 1-15.
- ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์, ธิดิยา บงกชเพชร และศิรินุช จินดารักษ์. (2564). การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการธรรมศาสตร์*, 21(4), 33-44.
- ณัฐนันท์ เฉลียวพงษ์ และ ศักดิ์ศรี สุภาพร (2563) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้ แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย. *วารสารคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 42(2), 17-30.
- ทวิช มณีพนา, ชนินันท์ พงษ์ประมุข และพินิจ ขำวงษ์. (2563). ความท้าทายและสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาการฉีกของเปลือกของยางของครุฟิสิกส์. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร*, 8, 282-294.

- ปิยาภรณ์ ชีรจางคพิชัย, สุจินต์ วิสวธีรานนท์ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิค POE เรื่อง แรง การเคลื่อนที่และพลังงาน ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา อำเภอสุวรรณคโลก จังหวัดสุโขทัย. *วารสารราชพฤกษ์*, 19(1), 76-85.
- พรรณปพร วอทอง สุดาพร ตั้งควนิช และปริญา ปรีพทุม. (2566). การศึกษาความเข้าใจในโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลายของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิษณุพนธ์*, 18(2), 89-96.
- พิรภูมิ สิงห์สถิตย์ และทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน (2565). การพัฒนาความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ สืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนคติ เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *ว.มรม*, 16(1), 196-207.
- พิศิษฐ ตัณทวณิช และพนา จินดาศรี. (2561). ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC. *วารสารการวัดผล การศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 24(2), 3-12.
- ภารดี รัตนจามิตร, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และเสาวรส ยิ่งวรรณะ. (2564). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) : ทฤษฎีจากการปฏิบัติการในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 32(2), 53-70.
- มนัสดา ลูกอินทร์ และอมรา เขียวรักษา. (2563). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 3(1), 41-51.
- รัตนพร บุรณะพล และกัญญารัตน์ โจร. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *ว.มรม*, 15(1), 123-136.
- โรชวรรณา เชพโหมลาม และขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2564). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 16(2), 276-286.
- ลมินปภา อภิพัฒนางกูล และไชยวัฒน์ ชุ่มนาเสียว. (2564). การพัฒนาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE). วารสาร มจร อุบล
ปริทรรศน์, 6(3), 93-104.

ลลิตา สารสุวรรณ และวิมล สำราญวานิช. (2557). ตัวแทนความคิด เรื่อง งานและพลังงาน ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.
วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 8(3), 155-163.

วัชรียา พรหมพันธ์, อรุณรัตน์ คำแหงพล และถาดทอง ปานศุภวัชร. (2563). การเปรียบเทียบทักษะ
การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พอลิเมอร์ โดยการจัดการเรียนรู้
แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค POE และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. วารสาร
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม, 10(2), 107-116.

วุฒิชัย จารุตัน และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้
โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 44(1), 50-64.

ศุภชัย กัญญาเขียว และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ. (2559). การพัฒนามโนคติเรื่องทัศนศาสตร์เชิง
เรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-
อธิบาย (POE). วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 10(1),
160-165.

สมศักดิ์ บุญพรม. (2564). การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ผ่านรูปแบบการใช้ปัญหาเป็น
ฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 44(2), 175-188.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก .
กรุงเทพฯ:กลุ่มมาตรฐานการศึกษา สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนการเรียนรู้
สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และสถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้
แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตาม
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ:สำนักงาน
คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

อัจฉรีย์ พิมพิมูล. (2563). การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาขั้นตอนวิธีและการ
เขียนโปรแกรม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 31(2), 12-26.

- เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2550) การ วัดและประเมินผลการศึกษา. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Alamsyah, M., Marhento, G., Siburian, M. F., Astuti, I. A. D., and Bhakti, Y. B. (2021). Application of blended learning with Edmodo based on POE learning model to increase students understanding of science concepts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806, doi:10.1088/1742-6596/1806/1/012121.
- Alfiyanti, I. F., Jatmiko, B., & Wasis. (2020). The Effectiveness of Predict Observe Explain (POE) Model with PhET to Improve Critical Thinking Skills of Senior High School Students. *Studies in Learning and Teaching*, 1(2), 76-85. doi: <https://doi.org/10.46627/silet.v1i2.34>
- Algiranto, Sarwanto & Ahmad, M. (2019). The development of students' worksheet based on Predict, Observe, Explain (POE) to improve students' science process skill in SMA Muhammadiyah Imogiri. *Journal of Physics: Conf*, 1153, doi:10.1088/1742-6596/1153/1/012148.
- Anda, C., Cristina, M., Catalin, B. & Valentin, B. (2023). Teaching Geometrical Optics By Means Of Geogebra Software. *Romanian Reports in Physics*, 75, 1-14.
- Bao, L. (2006). Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. *American Journal of Physics*. 74(10), 917-922.
- Frank, A., A., P. (2018). Development and Validation of Three-Tier Multiple Choice Test for Conceptual Understanding in Momentum and Collision. *International Journal of Multidisciplinary Approach and Studies*, 5(2), 1-7.
- Halim, A., Hamid, A. & Zainuddin, et al. (2021). Application of GeoGebra Media in Teaching the Concept of Particle Kinematics in 1D and 2D. *In Proceedings of The 2nd Science and Mathematics International Conference* (pp.1-6). <https://doi.org/10.1063/5.0041624>.
- John, H., & Michael B. (2010). Predict, Observe, Explain Activities Enhancing Scientific Understanding. *United States of America, USA: National Science Teachers Association*.
- Katherine, P., Wendy, A., & Michael, D., et al. (2006). PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*, 44, 18-23.

- Latifah et al. (2019). How the Predict-Observe-Explain (POE) learning strategy remedies students' misconception on Temperature and Heat materials?. *Journal of Physics: Conf*, 1171, doi:10.1088/1742-6596/1171/1/012051.
- Lorena Solvang & Jesper Haglund. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school. *Phys. Educ.* 56. 1-13. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac03fb>.
- Lorena Solvang & Jesper Haglund. (2022). Learning with Friction Students' Gestures and Enactment in Relation to a GeoGebra Simulation. *Research in Science Education*. 52. 1659-1675. <http://org/10.1007/s11165-021-10017-7>.
- Muliyati, D., Nurindrasari, M., Ervina, E., & Rustana, C. (2019). Student worksheet based on PhET simulation for parabolic motion: a design worksheet using predict-observe-explain model. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF) Unesa 2019*, 3, 155-162. Retrieved from fisika.fmipa.unesa.ac.id/proceedings/index.php/snf/article/view/119
- Siti, S., Ahmad, K., & Ade T. S. (2021). The Effectiveness of POE (Predict-Observe-Explain) Learning Model for Improving Student Analytical Skills. *JURNAL ILMU PENDIDIKAN FISIKA*, 6(1), 23-29.
- The pro vice-Chancellor, Education & student Experience, Simulations. UNSW teaching. <https://www.teaching.unsw.edu.au/simulations>
- Zera, N. F., Insih, W., Jumadi, & Heru, K.,. (2019). Enhancing Students' Critical Thinking Skills through Physics Education Technology Simulation Assisted of Scaffolding Approach. *In Proceedings of International Seminar on Science Education* (pp.1-11). doi:10.1088/1742-6596/1233/1/012062.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัย เรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย เครื่องอินทร์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรม อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
4. ดร.อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรค์ อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
5. น.ส. ณฐพร มีสวัสดิ์ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

สวทสรชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โทร. ๐๙๓-๒๖๓-๙๑๘๑

ที่ อว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๘๗๕

วันที่ ๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายศราวุธ ปุตมาเล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง ได้ออบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โหม่งดัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบ และให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

สวนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โทร. ๐๙๓/-๒๖๓-๙๑๔๑

ที่ อว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๘๗๕

วันที่ ๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย เครืออินทร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายศราวุธ ปุตมาเล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง ได้ออบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจนพรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบ และให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าวที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

สวนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โทร. ๐๙๓/-๒๖๓-๙๑๔๑

ที่ ขว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/๑ ๘๙๔

วันที่ ๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายศราวุธ ปุตมาเล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง ได้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนต์และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจนพรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบ และให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๔๔๓

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง

จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ดร.อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายศราวุธ ปุดมาเล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง ได้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจนพรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจ และให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าวที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๙๓/-๒๖๓-๙๑๔๑

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๕๕๓

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง

จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์ณัฐพร มีสวัสดิ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายศราวุธ ปุตมาเล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง ได้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจนพรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบ และให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าวที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๙๓๗-๒๖๓-๙๔๔๑

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

1.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence)

2. แบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence)

2.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty)

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

1.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence)

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	
	1	2	3	4	5	ผลรวม	ค่า IOC	ผลการประเมิน
1.สาระสำคัญ								
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.2 มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.4 มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.2 ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.4 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						ค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	
	1	2	3	4	5	ผลรวม	ค่า IOC	ผลการ ประเมิน
3.สาระการเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	-1	+1	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้
3.2 มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.3 มีความยากง่ายเหมาะกับชั้นเรียน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
3.4 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
4. การจัดกระบวนการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.3 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	+1	+1	0	0	+1	3	0.60	ใช้ได้
4.4 ได้รับความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ และเข้าใจกิจกรรมกิจกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.5 การเรียนรู้เป็นไปตามลำดับ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						ค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	
	1	2	3	4	5	ผลรวม	ค่า IOC	ผลการ ประเมิน
5. สื่อการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และกิจกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.3 ได้รับความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.5 เหมาะสมกับวัยและความ สนใจของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.3 การวัดที่ระบุไว้สามารถ ประเมินได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.4 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

2. แบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลอง
โต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence)

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สำหรับแบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แบบทดสอบ ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ						IOC	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	ผลรวม		
1	0	+1	+1	+1	0	3	0.6	ใช้ได้
2	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	+1	0	+1	+1	0	3	0.6	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

2.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty)

ตารางที่ ข.3 ค่าความยากง่าย (Difficulty) สำหรับแบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนายน-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แบบทดสอบข้อที่	ค่าความยากง่าย	สรุป
1	0.833	ง่ายมาก
2	0.833	ง่ายมาก
3	0.667	ค่อนข้างง่าย
4	0.700	ค่อนข้างง่าย
5	0.600	ยากง่ายปานกลาง
6	0.800	ค่อนข้างง่าย
7	0.333	ค่อนข้างยาก
8	0.833	ง่ายมาก
9	0.367	ค่อนข้างยาก
10	0.767	ค่อนข้างง่าย
11	0.600	ยากง่ายปานกลาง
12	0.500	ยากง่ายปานกลาง
13	0.867	ง่ายมาก
14	0.567	ยากง่ายปานกลาง
15	0.333	ค่อนข้างยาก

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

ตารางที่ ข.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) สำหรับแบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แบบทดสอบข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป
1	0.200	จำแนกได้
2	0.200	จำแนกได้
3	0.400	จำแนกได้
4	0.333	จำแนกได้
5	0.533	จำแนกได้
6	0.267	จำแนกได้
7	0.400	จำแนกได้
8	0.067	จำแนกไม่ได้
9	0.467	จำแนกได้
10	0.200	จำแนกได้
11	0.400	จำแนกได้
12	0.333	จำแนกได้
13	0.133	จำแนกไม่ได้
14	0.467	จำแนกได้
15	0.533	จำแนกได้

ภาคผนวก ค

ผลการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ ค.1 ผลคะแนนแบบทดสอบก่อนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

กลุ่ม ตัวอย่าง คนที่	คะแนนแบบทดสอบก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE											ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2.00	6.67
3	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4.00	13.33
4	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4.00	13.33
5	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	5.00	16.67
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.00	6.67
7	0	1	0	2	1	0	1	0	1	1	7.00	23.33
8	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3.00	10.00
9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2.00	6.67
10	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	4.00	13.33
11	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5.00	16.67
12	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3.00	10.00
13	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5.00	16.67
14	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0	5.00	16.67
15	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2.00	6.67
16	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3.00	10.00
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1.00	3.33

[illegible][illegible]

ตารางที่ ค.2 ผลคะแนนแบบทดสอบหลังของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

กลุ่ม ตัวอย่าง คนที่	คะแนนแบบทดสอบก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE											ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	
1	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	25.00	83.33
2	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	24.00	80.00
3	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	22.00	73.33
4	3.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	2.00	21.00	70.00
5	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	25.00	83.33
6	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	7.00	23.33
7	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	3.00	3.00	25.00	83.33
8	3.00	2.00	3.00	2.00	0.00	3.00	1.00	0.00	2.00	2.00	18.00	60.00
9	2.00	2.00	1.00	2.00	0.00	1.00	3.00	3.00	1.00	1.00	16.00	53.33
10	3.00	1.00	1.00	2.00	0.00	0.00	2.00	1.00	1.00	1.00	12.00	40.00
11	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	3.00	3.00	2.00	2.00	24.00	80.00
12	2.00	1.00	1.00	3.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	1.00	12.00	40.00
13	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	26.00	86.67
14	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	1.00	3.00	3.00	2.00	2.00	25.00	83.33
15	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	26.67
16	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	25.00	83.33
17	3.00	2.00	1.00	3.00	2.00	1.00	2.00	0.00	1.00	2.00	17.00	56.67
18	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	1.00	2.00	3.00	24.00	80.00
19	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	17.00	56.67
20	2.00	3.00	1.00	1.00	3.00	2.00	3.00	1.00	3.00	1.00	20.00	66.67
21	0.00	3.00	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	7.00	23.33
22	0.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	15.00	50.00
23	3.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	1.00	18.00	60.00

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 5 แผนการเรียนรู้

- 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม
- 1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล
- 1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- 1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น
- 1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

2. แบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มพูน

รหัสวิชา ว33201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่....

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อหน่วย โมเมนตัม และการชน

แผนการสอน เรื่อง โมเมนตัม

เวลา 2 คาบ

วันที่ทำการสอน.....

ครูผู้สอน....ม.สราวุธ ปุดมาเด

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาการแผ่รังสีที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการคลาดจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนตัม

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

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

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย สูตรเกี่ยวกับโมเมนตัม (K)
2. แสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัม (P)
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)

5. การเรียนรู้

โมเมนตัมและการชน

1. โมเมนตัม เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

2. การคล แรงคล เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ มีแรงคงที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วปลายเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

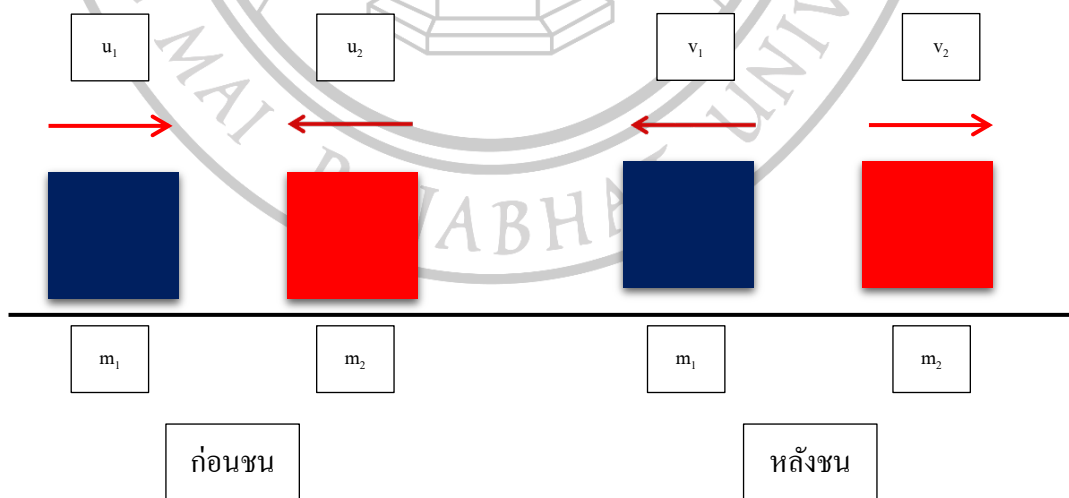
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

โดยที่ $\vec{F}$ เรียกว่า แรงคล หน่วยเป็นนิวตัน (N) และ $\Delta \vec{p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เรียกว่า การคล หน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

3. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชน

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน ยกตัวอย่างเช่น



จากรูปจะสามารถเขียนสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ดังนี้

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$$

$$m_1 u_1 + m_2 (-u_2) = m_1 (-v_1) + m_2 v_2$$

ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์รวมของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่ พลังงานจลน์ รวมของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่ คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} = \Sigma E_{k_f}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} > \Sigma E_{k_f}$$

โดย ΣE_{K_i} เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบก่อนชน และ ΣE_{K_f} เป็นพลังงานจลน์รวมของ ระบบหลังชน

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน –

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน

2. มุ่งมั่นในการทำงาน

8. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

9. การบูรณาการ(ถ้ามี) –

10. กิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ จำนวนชั่วโมง 100 นาที โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ทั้งหมด 8 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (15 นาที)

- นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน (10 นาที)
- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพของวัตถุ 1 ก้อนแล้ว ตั้งคำถามโดยไม่ คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “นักเรียนคิดว่าถ้าวัตถุนั้นเคลื่อนที่จะมีปริมาณทางฟิสิกส์ใดเข้ามาเกี่ยวข้องกับวัตถุก้อนนี้บ้าง” (5 นาที)

ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง (5 นาที)

- ครูแนะนำนักเรียนเพิ่มเติมว่า “เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ วัตถุนั้นจะมีปริมาณหนึ่งที่เกิดขึ้น ปริมาณ นั้นเราเรียกว่า “โมเมนตัม”

ขั้นตอนการทำนาย (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละคนทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นว่าโมเมนตัมมีความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์ปริมาณใดบ้าง และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย (10 นาที)

- นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณอื่นทางฟิสิกส์ พร้อมร่วมกันสรุปผลการทำนายโดยเลือกจากผลการทำนายของเพื่อนนักเรียนในห้อง ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

ขั้นตอนสังเกตการณ์ (10 นาที)

- นักเรียนทำการศึกษาในหัวข้อ โมเมนตัม จากแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ เช่น หนังสือเรียน แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เป็นต้น

ขั้นตอนอธิบาย (25 นาที)

- นักเรียนแต่ละคนสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ในรูปของ Infographic ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม โดยครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการสรุปความรู้หน้าชั้นเรียน

ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (15 นาที)

- ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนติดตามผล (10 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง โมเมนตัม เพื่อให้ นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วีดิโอคลิปเรื่องโมเมนตัมในชีวิตประจำวัน พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม
- ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัม (K) พร้อมทั้งแสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัม (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม
- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อ

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

11.2 แหล่งเรียนรู้ -

12. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
อธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัม (K)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม	แบบประเมินความรู้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม	อธิบายถูกต้อง ร้อยละ 60 ขึ้นไป
แสดงทักษะการทำงานและการคำนวณผลของโมเมนตัม (P)	กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม	แบบประเมินทักษะกระบวนการจากการทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม	แสดงทักษะการอธิบายตามขั้นตอน ร้อยละ 60 ขึ้นไป
มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)	ประเมินจากสภาพจริงของผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรม	แบบประเมินผลแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับ ร้อยละ 60 ขึ้นไป

13. กิจกรรมเสนอแนะ –

14. ความเห็นของผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



แบบประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					
	1	2	3	4	5	คะแนนรวม
ด้านพุทธิพิสัย:						
1.อธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัม						
1.1 นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับ โมเมนตัมได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านพุทธิพิสัย						
ด้านทักษะพิสัย:						
2. แสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัม						
2.1 นักเรียนแสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัมได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านทักษะพิสัย						
ด้านเจตพิสัย:						
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน						
3.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน						
3.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้						
คะแนนรวมด้านเจตพิสัย						
คะแนนรวม						

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านพุทธิพิสัย					
1. อธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัม					
1.1 นักเรียนสามารถอธิบายสรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้องบ้าง ส่วน แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบายสรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้อง บางส่วน แต่สรุปประเด็นไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้อง บางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้อง ทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมได้ถูกต้อง ทั้งหมด และสรุปครบประเด็น
ด้านทักษะพิสัย					
2. แสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัม					
2.1 นักเรียนแสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัมได้ถูกต้อง	นักเรียนแสดงทักษะการทำนายและการคำนวณผลของโมเมนตัมได้ ไม่ครบถ้วนทั้งสองประเด็น	นักเรียนแสดงทักษะการทำนายของโมเมนตัมได้ แต่คำนวณผลของโมเมนตัมไม่ได้	นักเรียนแสดงทักษะการทำนายของโมเมนตัมได้ แต่คำนวณผลของโมเมนตัมได้ ร้อยละ 50	นักเรียนแสดงทักษะการทำนายของโมเมนตัมได้ แต่คำนวณผลของโมเมนตัมได้ ร้อยละ 75	นักเรียนแสดงทักษะการทำนายของโมเมนตัมได้ แต่คำนวณผลของโมเมนตัมได้ ร้อยละ 80 ขึ้นไป

หัวข้อการ ประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านเจตพิสัย					
4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้					
4.1 นักเรียนมี ความมุ่งมั่นใน การทำงาน	นักเรียน พยายาม มุ่งมั่นในการ ทำงาน	นักเรียน ความมุ่งมั่น ในการ ทำงานได้ใน ระดับน้อย	นักเรียนมี ความมุ่งมั่น ในการ ทำงานได้ใน ระดับพอใช้	นักเรียนมี ความมุ่งมั่น ในการ ทำงานได้ใน ระดับดี	นักเรียนมี ความมุ่งมั่น ในการทำงาน ได้ในระดับดี เยี่ยม
4.2 นักเรียนมี ความใฝ่รู้ใฝ่ เรียนในการสืบ เสาะหาความรู้	นักเรียน พยายามใฝ่รู้ ใฝ่เรียนใน การสืบ เสาะหา ความรู้	นักเรียนมี ความใฝ่รู้ใฝ่ เรียนในการ สืบเสาะหา ความรู้ได้ใน ระดับน้อย	นักเรียนมี ความใฝ่รู้ใฝ่ เรียนในการ สืบเสาะหา ความรู้ได้ใน ระดับพอใช้	นักเรียนมี ความใฝ่รู้ใฝ่ เรียนในการ สืบเสาะหา ความรู้ได้ใน ระดับดี	นักเรียนมี ความใฝ่รู้ใฝ่ เรียนในการ สืบเสาะหา ความรู้ได้ใน ระดับดีเยี่ยม

15. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

15.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ด้านความรู้

.....

.....

.....

.....

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

.....

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

.....

.....

15.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

15.3 แนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

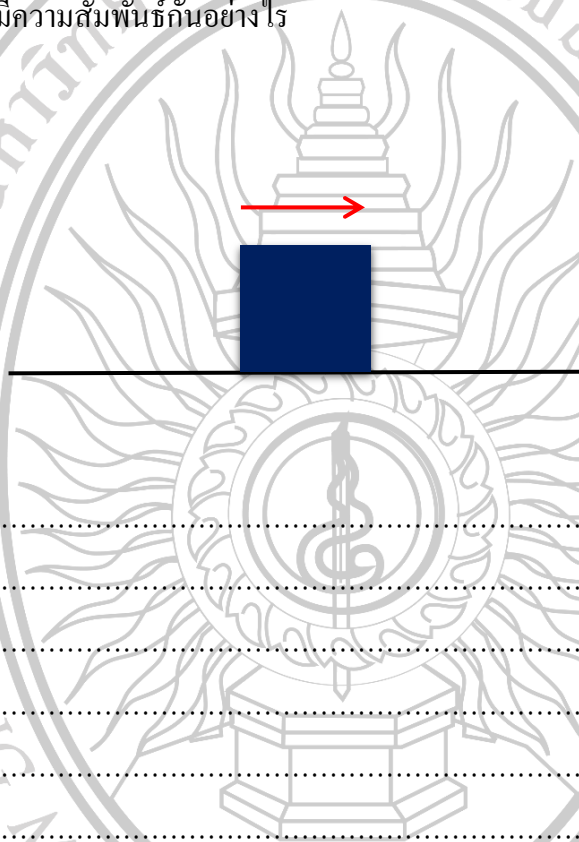
ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ของวัตถุที่เคลื่อนที่

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนสังเกตวัตถุต่อไปนี้ พร้อมคาดเดาคำตอบจากคำถามต่อไปนี้

- 1.ให้นักเรียนทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณใดบ้างและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร



สรุปผลการทำนาย

.....

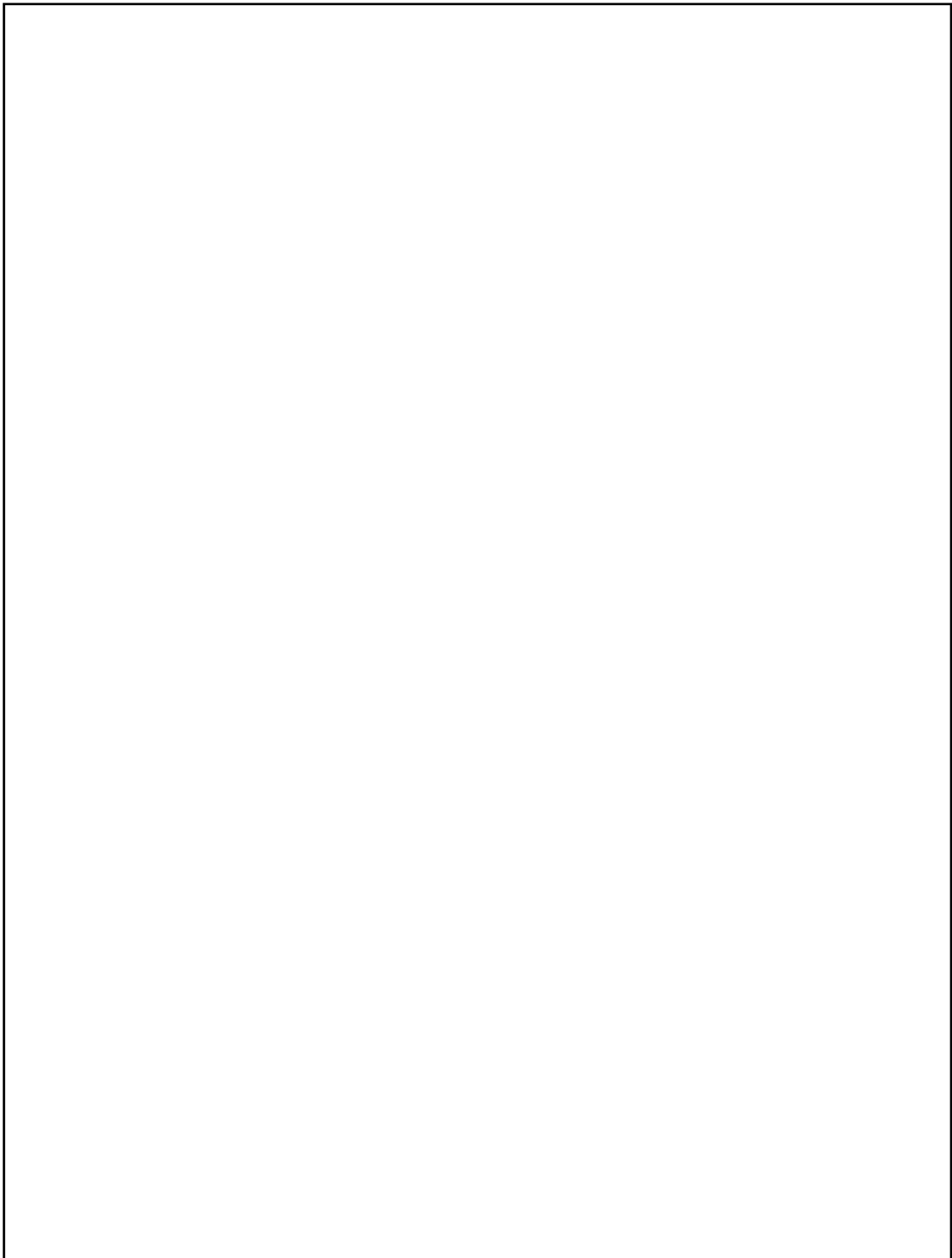
.....

.....

.....

ตอนที่ 2 โมเมนตัม

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์
อื่นๆ ในรูปของ Infographic



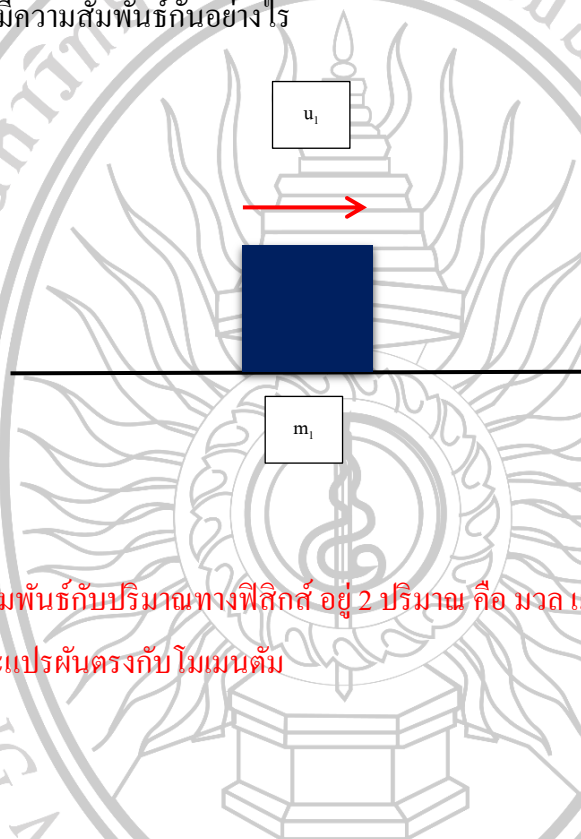
(เฉลย) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ของวัตถุที่เคลื่อนที่

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตวัตถุต่อไปนี้ พร้อมคาดเดาคำตอบจากคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำนายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ ว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณใดบ้างและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร



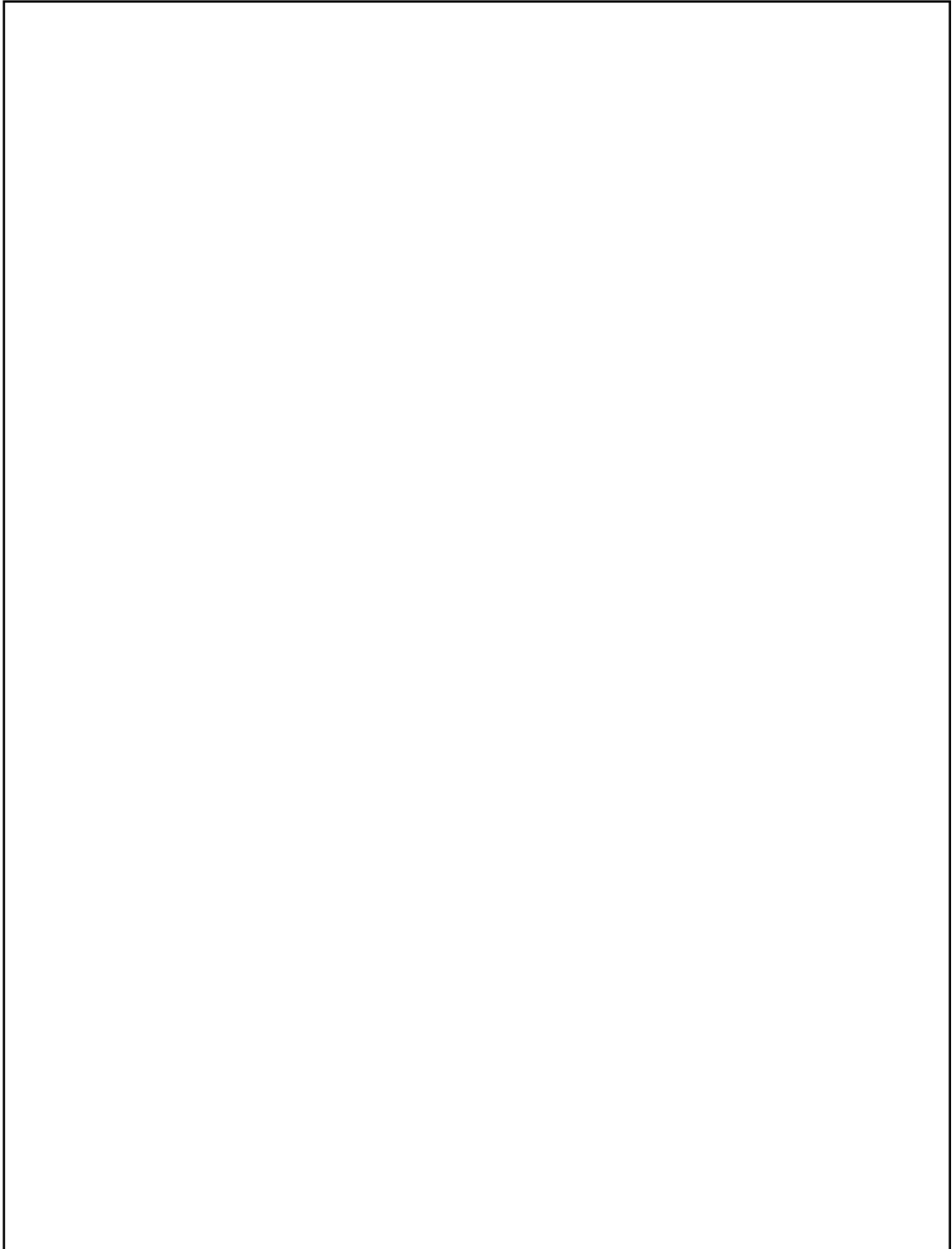
โมเมนตัมมีความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์ อยู่ 2 ปริมาณ คือ มวล และ ความเร็วของวัตถุ โดยทั้งสองปริมาณนี้จะแปรผันตรงกับโมเมนตัม

สรุปผลการทำนาย

ผลของการสรุปเป็นไปตามคำตอบด้านบน โดยการจัดกิจกรรมจริงจะขึ้นอยู่กับผลการทำนายของนักเรียน ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ก็ได้

ตอนที่ 2 โมเมนตัม

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนสรุปความรู้เรื่อง โมเมนตัม พร้อมอธิบายความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์
อื่นๆ ในรูปของ Infographic



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การดล แรงดล

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มพูน

รหัสวิชา ว33201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่....

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อหน่วย โมเมนตัม และการชน

แผนการสอน เรื่อง การดล แรงดล

เวลา 2 คาบ

วันที่ทำการสอน.....

ครูผู้สอน....ม.สราวุธ ปุดมมาเล

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณ โมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้นๆ เรียกว่า แรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่า การดล ตามสมการ $\vec{I} = [\sum_{i=1}^n \vec{F}_i] \Delta t$ ซึ่งการดลอาจหาได้จาก พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการดลและแรงดล(K)
2. วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม (K)

3. แสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์

ระหว่างแรง ลัพธ์กับเวลา (P)

4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)

5. สาระการเรียนรู้

โมเมนตัมและการชน

1. โมเมนตัม เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าปริมาณ โมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

2. การคล แรงคล เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ มีแรงคลที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วปลายเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

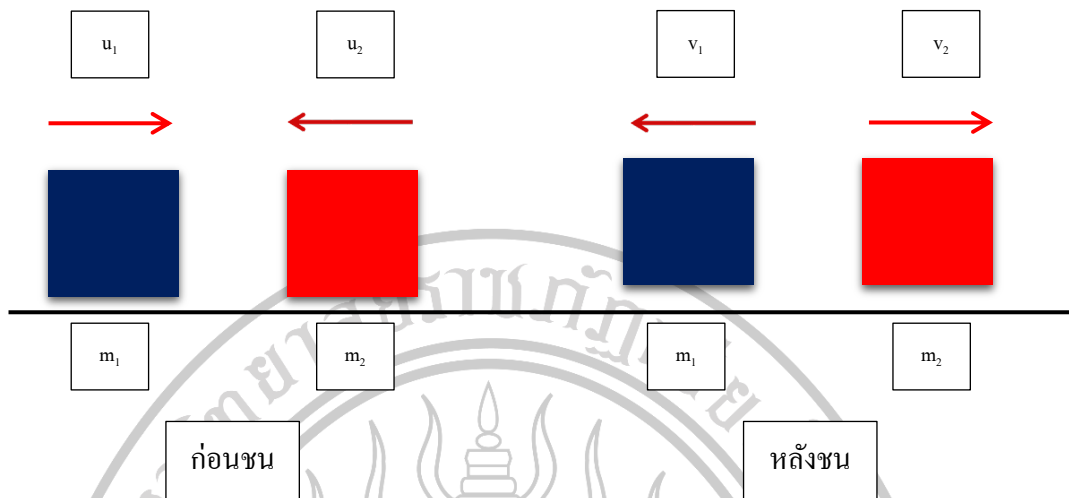
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

โดยที่ $\vec{F}$ เรียกว่า แรงคล หน่วยเป็นนิวตัน (N) และ $\Delta \vec{p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เรียกว่า การคล หน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

3. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชน

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน ยกตัวอย่างเช่น



จากรูปจะสามารถเขียนสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ดังนี้

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$$

$$m_1 u_1 + m_2 (-u_2) = m_1 (-v_1) + m_2 v_2$$

ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์รวมของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบยืดหยุ่น

$$\sum E_{k_i} = \sum E_{k_f}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$$\sum E_{k_i} > \sum E_{k_f}$$

โดย $\sum E_{k_i}$ เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบก่อนชน และ $\sum E_{k_f}$ เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบหลังชน

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน –

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. มุ่งมั่นในการทำงาน

8. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงดล

9. การบูรณาการ(ถ้ามี) –

10. กิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ จำนวนชั่วโมง 100 นาที โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ทั้งหมด 8 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (5 นาที)

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพของวัตถุที่กำลังพุ่งชนผนังและเคลื่อนที่ออกมาแล้ว ตั้งคำถามโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “นักเรียนคิดว่าจากภาพดังกล่าวมีปริมาณใดบ้างที่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะเหตุใด”

ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง (5 นาที)

- ครูแนะนำนักเรียนเพิ่มเติมว่า “เมื่อวัตถุเคลื่อนที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โมเมนตัมของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไป โดยค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงนั้น เรียกว่า “การดล” และเมื่อวัตถุการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป จะได้ปริมาณที่เรียกว่า “แรงดล”

ขั้นตอนการทำงาน (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละคนทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลาผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงดล ตอนที่ 1

ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย (10 นาที)

- นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลาผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงดล พร้อมร่วมกันสรุปผลการทำนายโดยเลือกจากผลการทำนายของเพื่อนนักเรียนในห้อง ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงดล

ขั้นตอนสังเกตการณ์ (40 นาที)

- นักเรียนทำการศึกษาในหัวข้อ การดล แรงดล จากแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ เช่น หนังสือเรียน แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เป็นต้น พร้อมสรุปและกิจกรรมตอนที่ 2 ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การดล แรงดล

ขั้นตอนอธิบาย (10 นาที)

- ครูสุ่มนักเรียนออกมาอธิบายผลการศึกษาเรื่อง การดล แรงดล พร้อมลงข้อสรุปพร้อมกัน

ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง การดล แรงแดล เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนติดตามผล (10 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การดล แรงแดล เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วิดีโอคลิปเรื่อง สภาพของรถยนต์ที่ถูกลชน พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม
- ครูประเมินการวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการดลและแรงแดล (K) และวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงแดลกับโมเมนตัม (K) พร้อมทั้งแสดงทักษะการคำนวณการดล แรงแดล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรง ลัพธ์กับเวลา (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงแดล
- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อ

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การดล แรงแดล
- สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง การดล แรงแดล

11.2 แหล่งเรียนรู้ –

12. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคล (K)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล	แบบประเมินความรู้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล	อธิบายถูกต้อง ร้อยละ 60 ขึ้นไป
วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ (K)			
แสดงทักษะการคำนวณการคลแรงคลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา (P)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล	แบบประเมินทักษะกระบวนการจากการทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล	แสดงทักษะการอธิบายตามขั้นตอน ร้อยละ 60 ขึ้นไป
มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)	ประเมินจากสภาพจริงของผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับ ร้อยละ 60 ขึ้นไป

13. กิจกรรมเสนอแนะ –

14. ความเห็นของผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					
	1	2	3	4	5	คะแนนรวม
ด้านพุทธิพิสัย:						
1.วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคล						
1.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง						
2.วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์						
2.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านพุทธิพิสัย						
ด้านทักษะพิสัย:						
3. แสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา						
3.1 นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านทักษะพิสัย						
ด้านเจตพิสัย:						
4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน						
4.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน						
4.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้						
คะแนนรวมด้านเจตพิสัย						
คะแนนรวม						

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านพุทธิพิสัย					
1.วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคล					
1.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้องบ้าง ส่วน แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง บางส่วน แต่สรุปประเด็น ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง บางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง ทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการคลและแรงคลได้ถูกต้อง ทั้งหมด และสรุปครบประเด็น
2.วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์					
2.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้องบ้าง ส่วน แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง บางส่วน แต่สรุปประเด็น ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง บางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง ทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนต์ได้ถูกต้อง ทั้งหมด และสรุปครบประเด็น

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านทักษะพิสัย					
3. แสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา					
3.1 นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ถูกต้อง	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ไม่ครบถ้วนทั้งสองประเด็น	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ร้อยละ 25	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ร้อยละ 50	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ร้อยละ 75	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณการคล แรงคล จากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป
ด้านเจตพิสัย					
4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้					
4.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนพยายามมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดี	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดีเยี่ยม
4.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนพยายามใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดี	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดีเยี่ยม

15. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

15.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ด้านความรู้

.....

.....

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

15.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

15.3 แนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนา

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์กับเวลา

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนสังเกตรูปภาพและอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมคาดเดาคำตอบจากคำถามต่อไปนี้



สถานการณ์ จากภาพนาย A กำลังออกแรงกำลังจะเตะลูกบอล เพื่อให้ลูกบอลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปด้านหน้า

1. นักเรียนทำนายการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุทั้งสอง ซึ่งได้แก่ เท้าของนาย A และ ลูกบอล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าความสัมพันธ์ของ แรงคล กับ โมเมนตัม เป็นอย่างไร

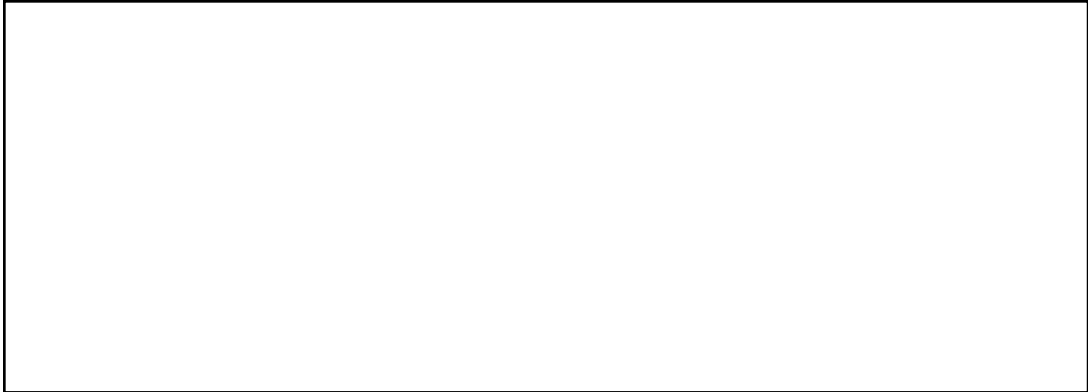
.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนทดลองวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาของการเคลื่อนที่ดังกล่าว



ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลา

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ผ่าน QR code พร้อมคำตอบจากคำถามต่อไปนี้



ให้นักเรียนสแกน QR code เพื่อเข้าใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง พร้อมทั้งสังเกตการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมทำกิจกรรมต่อไปนี้

QR code สำหรับสังเกตสถานการณ์

1. สังเกตการเคลื่อนที่ของเท้านาย A กับการเคลื่อนที่ของลูกบอล ก่อนและหลังเตะ พร้อมทั้งเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางความเร็ว



ก่อนเตะ

หลังเตะ

2. ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของแท่นนาย A กับการเคลื่อนที่ของลูกบอล และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมอธิบายผลของการสังเกต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมอธิบายค่าที่คำนวณได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนเปลี่ยนค่าปริมาณทางฟิสิกส์ พร้อมทั้งวาดภาพหรือตัดภาพกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ลงในตารางตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ กำหนดให้ มวลวัตถุ เท่ากับ 1 kg

กรณีที่	แรงลัพธ์ (N)	เวลาในการ ทดลอง ($\times 10^{-2}$ s)	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา	การดล หน่วย.....
1	200	6		

2	300	6		
3	400	6		
4	400	4		
5	400	10		

สรุปผลการสังเกต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(เฉลย) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคล แรงคล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพท์กับเวลา

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนสังเกตรูปภาพและอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมคาดเดาคำตอบจากคำถามต่อไปนี้



สถานการณ์ จากภาพนาย A กำลังออกแรงกำลังจะเตะลูกบอล เพื่อให้ลูกบอลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปด้านหน้า

1. นักเรียนทำนายการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุทั้งสอง ซึ่งได้แก่ เท้าของนาย A และ ลูกบอล

.....

.....

.....คำตอบเป็นอย่างไรก็ได้ ตามความเข้าใจของนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าความสัมพันธ์ของ แรงคล กับ โมเมนตัม เป็นอย่างไร

.....

.....คำตอบเป็นอย่างไรก็ได้ ตามความเข้าใจของนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนทดลองวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาของการเคลื่อนที่ดังกล่าว

คำตอบเป็นอย่างไรก็ได้ ตามความเข้าใจของนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับเวลา

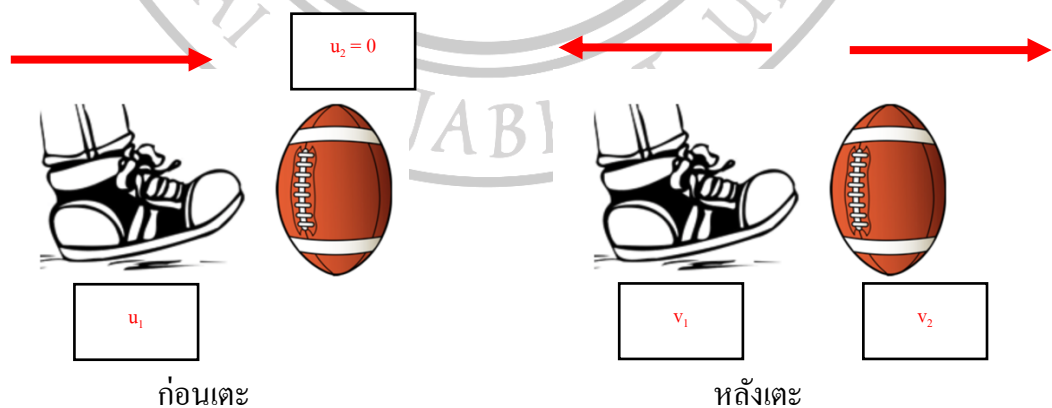
คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ผ่าน QR code พร้อมคำตอบจากคำถามต่อไปนี้



ให้นักเรียนสแกน QR code เพื่อเข้าใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง พร้อมทั้งสังเกตการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมทำกิจกรรมต่อไปนี้

QR code สำหรับสังเกตสถานการณ์

1. สังเกตการเคลื่อนที่ของเท้านาย A กับการเคลื่อนที่ของลูกบอล ก่อนและหลังเตะ พร้อมทั้งเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางความเร็ว



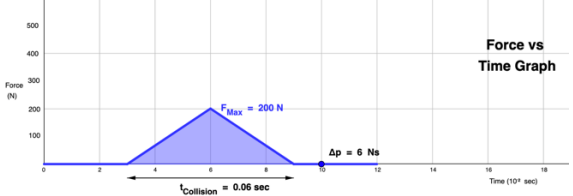
2. ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของแท่นนาย A กับ การเคลื่อนที่ของลูกบอล และกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมอธิบายผลของการสังเกต

แนวการตอบ แท่นของนาย A เคลื่อนที่มาสัมผัสกับผิวของลูกบอลทำให้เกิดแรงลัพธ์ขึ้น ซึ่งช่วงแรกแรงลัพธ์ จะมีขนาดเพิ่มขึ้นและเมื่อแท่นของนาย A กำลังเคลื่อนที่ออกจากลูกบอล แรงลัพธ์จะมีค่าลดลงและเป็นศูนย์เมื่อแท่นของนาย A ออกจากผิวของลูกบอลพอดี จากนั้นลูกบอลก็เคลื่อนที่ไปข้างหน้า สำหรับ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาที่ได้จะเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยช่วงแรกมีขนาดของแรงเพิ่มขึ้นและช่วงที่สองมีขนาดของแรงลดลง

3. นักเรียนวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พร้อมอธิบายค่าที่คำนวณได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา

แนวการตอบ จากการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา พบว่าเมื่อเราทำการหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ เราจะได้ค่า การดล

4. ให้นักเรียนเปลี่ยนค่าปริมาณทางฟิสิกส์ วาดภาพหรือตัดภาพกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ลงในตารางตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ พร้อมแสดงวิธีการคำนวณค่า การดล กำหนดให้มวลวัตถุ เท่ากับ 1 kg

กรณี ที่	แรง ลัพธ์ (N)	เวลา ในการ ดล ($\times 10^{-2}$ s)	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา	การดล หน่วย....N.s...
1	200	6		$I = \frac{1}{2} \times 200 \times 0.06$ $I = 6$

2	300	6		$I = \frac{1}{2} \times 300 \times 0.06$ $I = 9$
3	400	6		$I = \frac{1}{2} \times 400 \times 0.06$ $I = 12$
4	400	4		$I = \frac{1}{2} \times 400 \times 0.04$ $I = 8$
5	400	10		$I = \frac{1}{2} \times 400 \times 0.1$ $I = 20$

สรุปผลการสังเกต

แนวการสรุป จากการสังเกตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาเพื่อคำนวณค่าพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งจะได้ค่าการดล ออกมานั้น พบว่าใน กรณีที่ 1-3 ที่กำหนดเวลาในการดลเท่ากัน พบว่าเมื่อแรงลัพธ์เพิ่มขึ้นค่าการดลจะสูงขึ้น และในกรณีที่ 3-5 เมื่อเรากำหนดค่าแรงลัพธ์ให้คงที่และเปลี่ยนแปลงเวลาในการดล พบว่าเมื่อเวลาในการดลเพิ่มขึ้น ค่าการดล ที่คำนวณได้จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ทราบว่าทั้งขนาดของแรงลัพธ์และเวลามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าการดล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มพูน

รหัสวิชา ว33201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่...

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อหน่วย โมเมนตัม และการชน

แผนการสอน เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

เวลา 2 คาบ

วันที่ทำการสอน.....

ครูผู้สอน....ม.ศราวุธ ปุดมาเล

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการคลาดจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงคลกับโมเมนตัม

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$$

โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

- วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (K)
- แสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา (P)

3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)

5. สารการเรียนรู้

โมเมนตัมและการชน

1. โมเมนตัม เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

2. การคล แรงคล เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ มีแรงคงที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วปลายเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

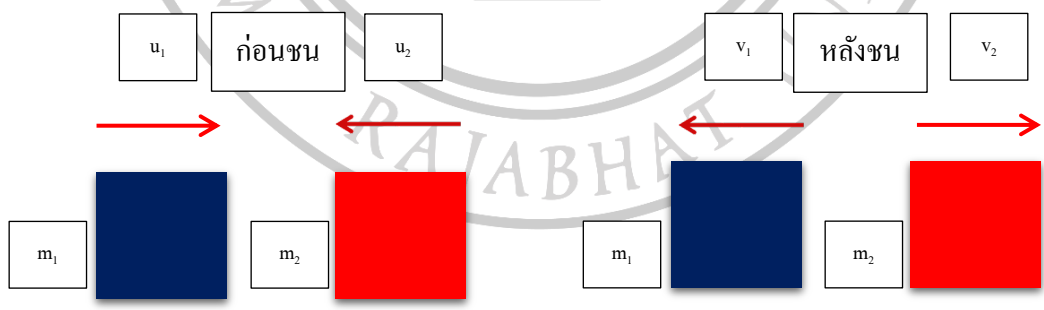
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

โดยที่ $\vec{F}$ เรียกว่า แรงคล หน่วยเป็นนิวตัน (N) และ $\Delta \vec{p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เรียกว่า การคล หน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

3. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชน

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน ยกตัวอย่างเช่น



จากรูปจะสามารถเขียนสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ดังนี้

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$$

$$m_1 u_1 + m_2 (-u_2) = m_1 (-v_1) + m_2 v_2$$

ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์รวมของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} = \Sigma E_{k_f}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} > \Sigma E_{k_f}$$

โดย ΣE_{k_i} เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบก่อนชน และ ΣE_{k_f} เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบหลังชน

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน –

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน

2. มุ่งมั่นในการทำงาน

8. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม

9. การบูรณาการ(ถ้ามี) –

10. กิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ จำนวนชั่วโมง 100 นาที โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ทั้งหมด 8 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (5 นาที)

- ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตภาพของวัตถุที่กำลังพุ่งชนกัน ตั้งคำถามโดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้องว่า “จากคาบเรียนที่ผ่านมา เราได้ศึกษาปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ โมเมนตัม การคล แรงคล นักเรียนคิดว่าจากภาพดังกล่าวมีปริมาณใดบ้างที่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะเหตุใด”

ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง (5 นาที)

- นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู โดยครูเน้นย้ำให้นักเรียนสังเกตปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรก่อนให้นักเรียนเริ่มทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ขั้นตอนการทำนาย (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละคนทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมบันทึกผลการทำนายในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 1

ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย (20 นาที)

- นักเรียนจับคู่เพื่อร่วมกันอภิปรายผลการทำนายของแต่ละคนพร้อมสรุปผลการทำนายที่นักเรียนคิดว่ามีความถูกต้องมากที่สุด โดยครูทำการสุ่มนักเรียน ออกมานำเสนอผลการทำนายของแต่ละคู่พร้อมทั้งให้นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำนายที่ดีที่สุดในห้องของตนเองลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 1

ขั้นตอนสังเกตการณ์ (30 นาที)

- นักเรียนทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นแหล่งเรียนรู้ในการสังเกตการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุสองก้อนที่เคลื่อนที่มาชนกันพร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต

ขั้นตอนอธิบาย (10 นาที)

- นักเรียนจับคู่เพื่อร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปผลของการสังเกตการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุสองก้อนที่เคลื่อนที่มาชนกันจากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ตอนที่ 2

ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนติดตามผล (10 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเพิ่มเติม โดยใช้วิดีโอจำลองการชนกันของวัตถุ พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติม

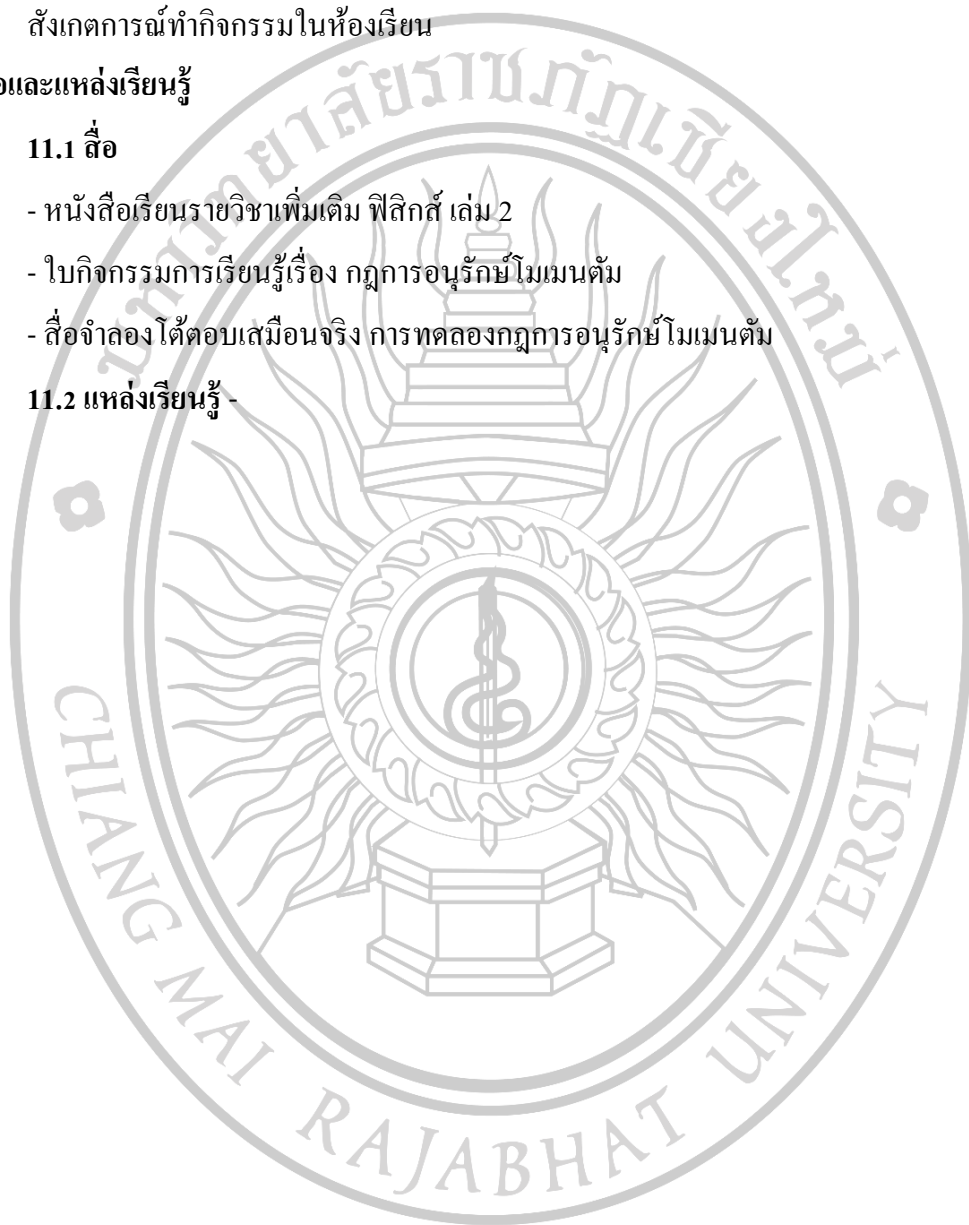
- ครูประเมินการวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (K) และการแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา (P) ของนักเรียนโดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อ

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

11.2 แหล่งเรียนรู้ -



12. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (K)	ประเมินจากใบ กิจกรรมการ เรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	แบบประเมิน ความรู้จากใบ กิจกรรมการ เรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	อธิบายถูกต้อง ร้อย ละ 60 ขึ้นไป
แสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการ อนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา (P)	กิจกรรมการ เรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	แบบประเมิน ทักษะ กระบวนการ จากการทำใบ กิจกรรมการ เรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	แสดงทักษะการ อธิบายตามขั้นตอน ร้อยละ 60 ขึ้นไป
มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (A)	ประเมินจาก สภาพจริงของ ผู้เรียนผ่านการ ทำกิจกรรม	แบบ ประเมินผล แบบประเมิน คุณลักษณะอัน พึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับ ร้อยละ 60 ขึ้นไป

13. กิจกรรมเสนอแนะ –

14. ความเห็นของผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



แบบประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					
	1	2	3	4	5	คะแนนรวม
ด้านพุทธิพิสัย: 1. วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม						
1.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านพุทธิพิสัย						
ด้านทักษะพิสัย: 2. แสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในการแก้ปัญหา						
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านทักษะพิสัย						
ด้านเจตพิสัย: 4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน						
4.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน						
4.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้						
คะแนนรวมด้านเจตพิสัย						
คะแนนรวม						

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านพุทธิพิสัย					
1.วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม					
1.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้องบ้าง แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้องบางส่วน แต่สรุปประเด็นไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้องบางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้องทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ได้ถูกต้องทั้งหมด และสรุปครบประเด็น
ด้านทักษะพิสัย					
2. แสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา					
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ถูกต้อง	นักเรียนแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ไม่ครบถ้วนทั้งสองประเด็น	นักเรียนแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ ร้อยละ 25	นักเรียนแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ร้อยละ 50	นักเรียนแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ร้อยละ 75	นักเรียนแสดงทักษะการประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ในการแก้ปัญหา ได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป

หัวข้อการ ประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านเจตพิสัย					
4. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้					
4.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนพยายามมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดี	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดีเยี่ยม
4.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนพยายามใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดี	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดีเยี่ยม

15. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

15.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ด้านความรู้

.....

.....

.....

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

.....

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

15.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

15.3 แนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนา

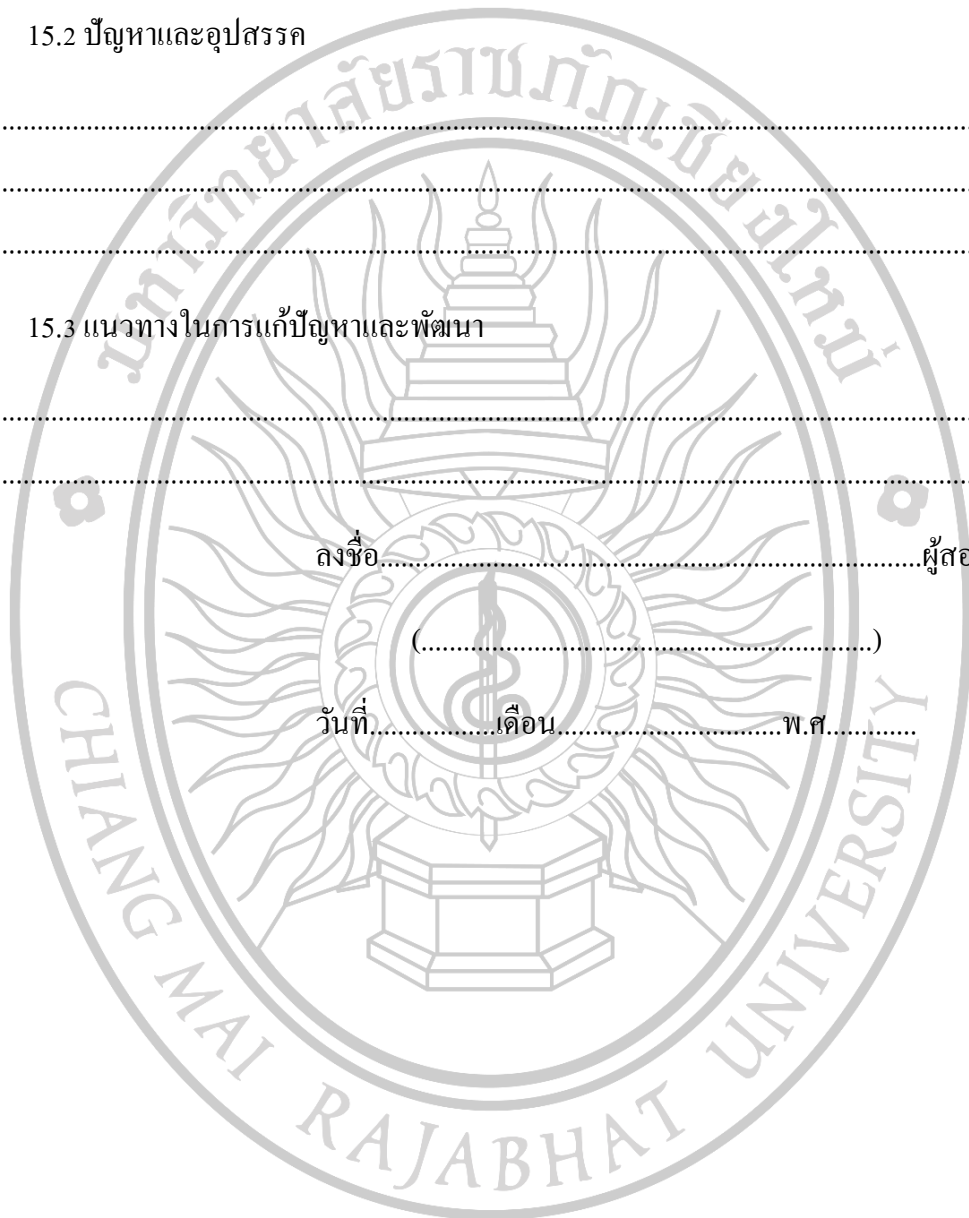
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



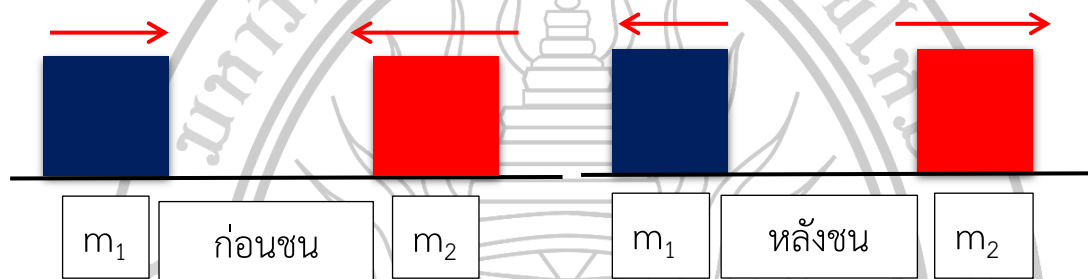
ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตวัตถุต่อไปนี้ พร้อมตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของ มวล ความเร็ว และ โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน เมื่อวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน ดังรูป



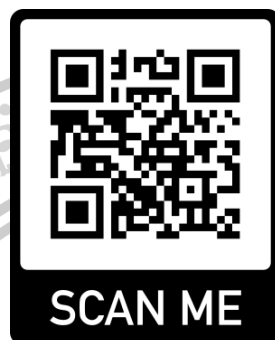
ผลการทำนาย

ปริมาณ	ก่อนชน	หลังชน
มวล		
ความเร็ว		
โมเมนตัม		

The logo of Chiang Mai Rajabhat University is a circular emblem. It features a central tiered pedestal with a decorative umbrella-like structure on top, surrounded by stylized flames or rays. The text "CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY" is written in a circular path around the central image.

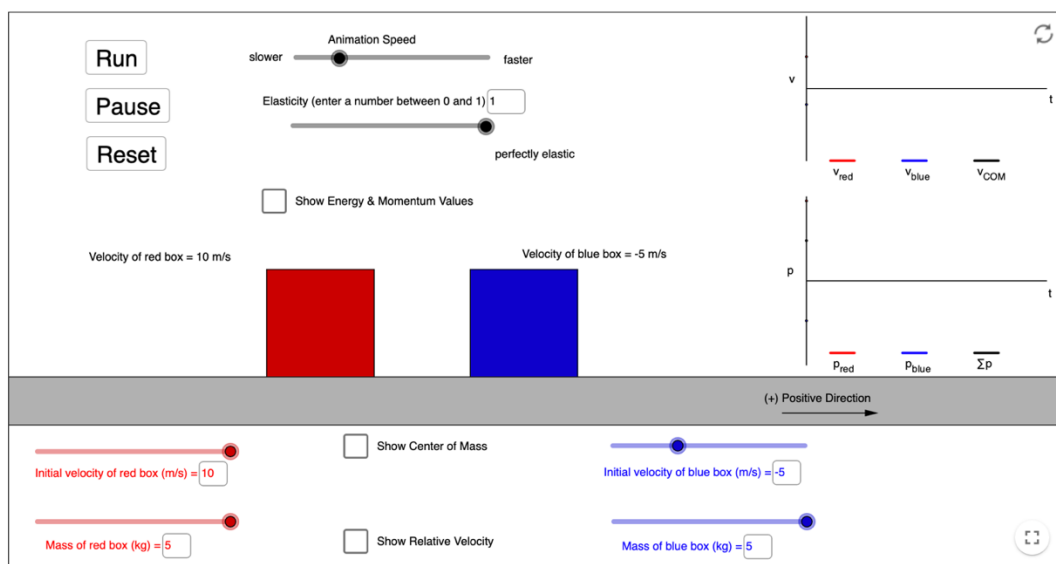
ตอนที่ 2 การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่กำหนดให้ในการทำกิจกรรมการทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม



สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. สแกน QR Code สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วทำการตั้งค่าเริ่มต้นดังรูป

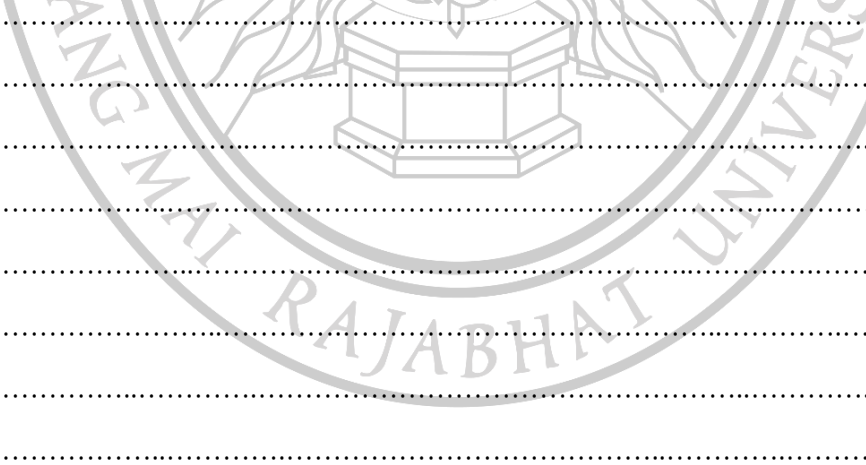


2. จากนั้นให้นักเรียนกำหนด ค่ามวล และความเร็วเริ่มต้น ตามตารางบันทึกผล และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว พร้อมสรุปผลการสังเกต

ตารางบันทึกผล

[illegible]

1. ให้นักเรียนแสดงวิธีการการคำนวณโมเมนต์และโมเมนต์รวมก่อนชน และ หลังชน มา 1 กรณี



2. จากตารางบันทึกผล เมื่อนักเรียนทำการสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร



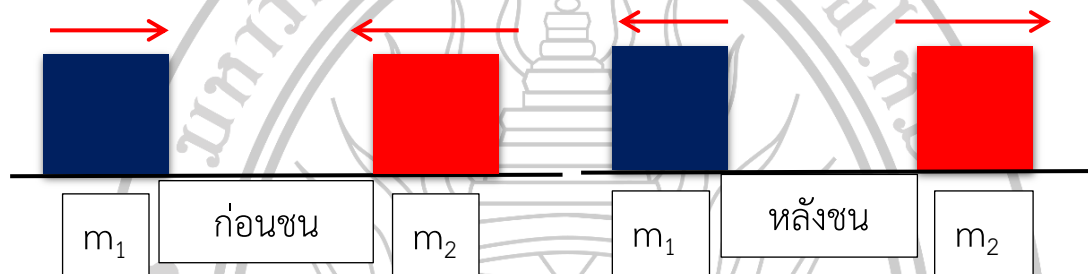
(เฉลย) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตวัตถุต่อไปนี้ พร้อมตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของ มวล ความเร็ว และ โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน เมื่อวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน ดังรูป



ผลการทำนาย

ปริมาณ	ก่อนชน	หลังชน
มวล		
ความเร็ว		
โมเมนตัม		

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

2. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนนักเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนผลการทำนายและสรุปผลการทำนายที่ทั้งสองคนวิเคราะห์ร่วมกัน แล้วเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นกับสถานการณ์นี้

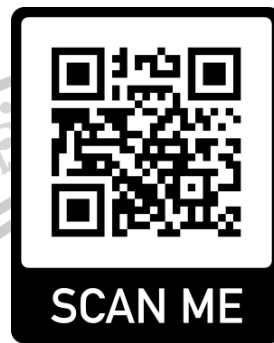
คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

3. นักเรียนเขียนข้อสรุปผลการทำนายของห้องนักเรียนร่วมกันสรุปถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นกับสถานการณ์นี้

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

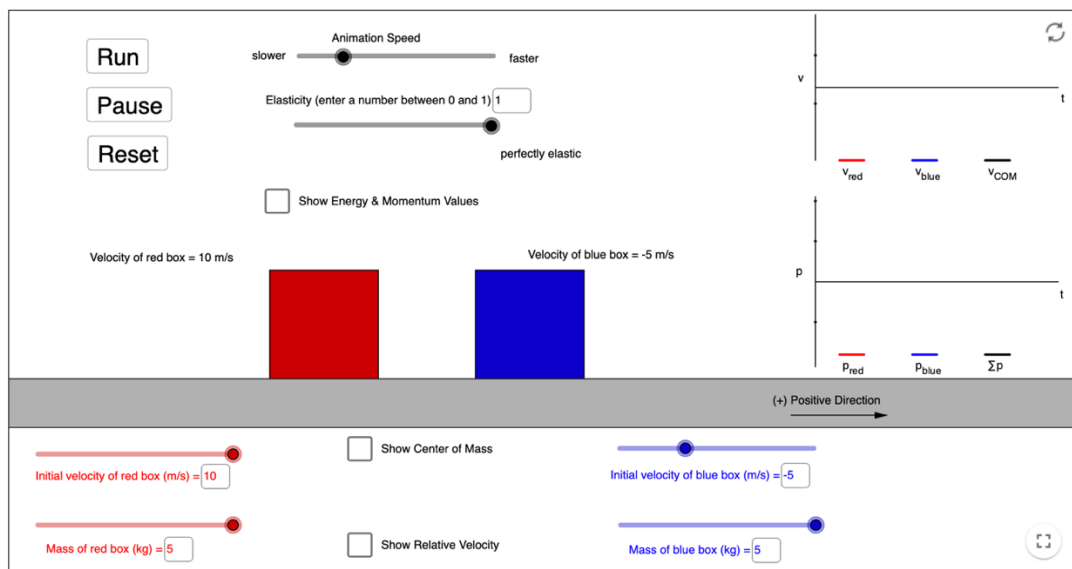
ตอนที่ 2 การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

คำชี้แจง : ให้นักเรียนใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่กำหนดให้ในการทำกิจกรรมการทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม



สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. สแกน QR Code สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วทำการตั้งค่าเริ่มต้นดังรูป



2. จากนั้นให้นักเรียนกำหนด ค่ามวล และความเร็วเริ่มต้น ตามตารางบันทึกผล และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว พร้อมสรุปผลการสังเกต

ตารางบันทึกผล

มวล ก้อน ที่ 1 (kg)	มวล ก้อน ที่ 2 (kg)	ความเร็ว ก่อนชน (m/s)		ความเร็ว หลังชน (m/s)		โมเมนตัม ก่อนชน (kg m/s)		โมเมนตัม รวม (kg m/s)	โมเมนตัม หลังชน (kg m/s)		โมเมนตัม รวม (kg m/s)	
		มวล ก้อน ที่ 1	มวล ก้อน ที่ 2	มวล ก้อน ที่ 1	มวล ก้อน ที่ 2	มวล ก้อน ที่ 1	มวล ก้อน ที่ 2		ก่อนชน	มวล ก้อน ที่ 1		มวล ก้อน ที่ 2
5	5	10	-2	-2	10	50	-10	40	-10	50	40	
5	5	8	-4	-4	8	40	-20	20	-20	40	20	
5	5	6	-6	-6	6	30	-30	0	-30	30	0	
5	5	4	-8	-8	4	20	-40	-20	-40	20	-20	
5	5	2	-10	-10	2	10	-50	-40	-50	10	-40	

1. ให้นักเรียนแสดงวิธีการการคำนวณโมเมนตัมและโมเมนตัมรวมก่อนชน และ หลังชน มา 1 กรณี

กรณีที่ 1

$$p = mv$$

มวลก้อนที่ 1

$$p_{\text{ก่อน}} = 5 \times 10 = 50 \quad p_{\text{หลัง}} = 5 \times -2 = -10$$

มวลก้อนที่ 2

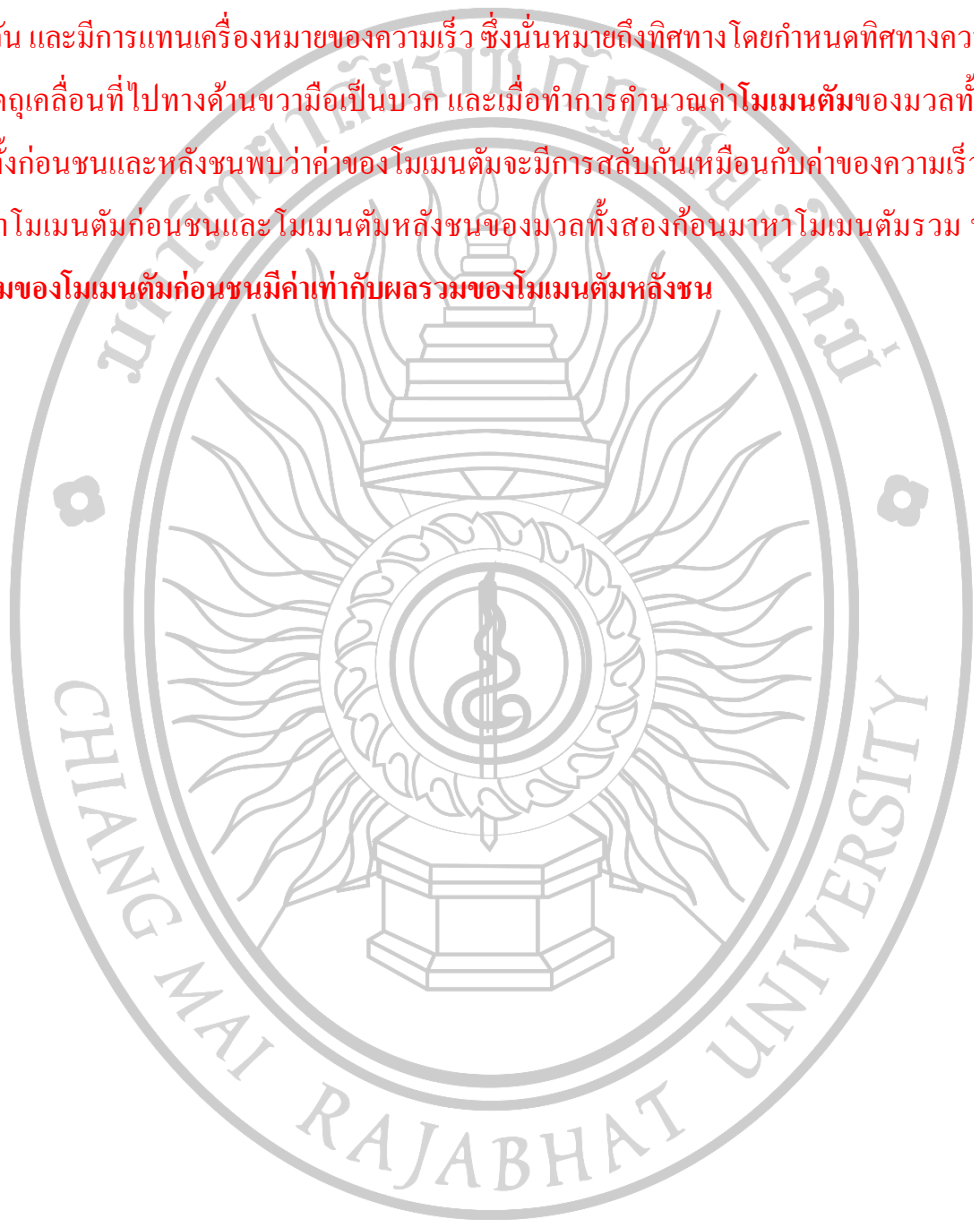
$$p_{\text{ก่อน}} = 5 \times -2 = -10 \quad p_{\text{หลัง}} = 5 \times 10 = 50$$

โมเมนตัมรวม

$$\sum p_{\text{ก่อน}} = 50 + (-10) = 40 \quad \sum p_{\text{หลัง}} = (-10) + 50 = 40$$

2. จากตารางบันทึกผล เมื่อนักเรียนทำการสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางฟิสิกส์ ได้แก่ มวล ความเร็ว และโมเมนตัม นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ จากกิจกรรมพบว่า เมื่อกำหนดมวลให้คงที่ มวลทั้งสองก้อนมาชนกัน ค่านวลจะไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนความเร็ว พบว่าค่าของความเร็วก่อนชนและหลังชนของมวลทั้งสองก้อนจะสลับกัน และมีการแทนเครื่องหมายของความเร็ว ซึ่งนั่นหมายถึงทิศทางโดยกำหนดทิศทางความเร็วเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทางด้านขวามือเป็นบวก และเมื่อทำการคำนวณค่าโมเมนตัมของมวลทั้งสองก้อนทั้งก่อนชนและหลังชนพบว่าค่าของโมเมนตัมจะมีการสลับกันเหมือนกับค่าของความเร็ว และเมื่อนำโมเมนตัมก่อนชนและโมเมนตัมหลังชนของมวลทั้งสองก้อนมาหาโมเมนตัมรวม พบว่าผลรวมของโมเมนตัมก่อนชนมีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มพูน

รหัสวิชา ว33201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่....

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อหน่วย โมเมนตัม และการชน

แผนการสอน เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

เวลา 2 คาบ

วันที่ทำการสอน.....

ครูผู้สอน....ม.สราวุธ ปุดมาเล

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

การชนในหนึ่งมิติหรือการชนในแนวตรงเป็นการชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนชนและหลังการชนในการชนกันของวัตถุโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมแต่พลังงานจลน์ของระบบอาจจะมีค่าคงตัวหรือไม่ก็ได้ การชนที่มีพลังงานจลน์ของระบบคงตัว เรียกว่า การชนแบบยืดหยุ่น การชนที่มีพลังงานจลน์ของระบบมีค่าไม่คงตัว เรียกว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง (K)
2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานก่อนและหลังชน (P)
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)

5. สารการเรียนรู้

โมเมนตัมและการชน

1. โมเมนตัม เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

2. การคล แรงคล เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ มีแรงคลที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วปลายเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

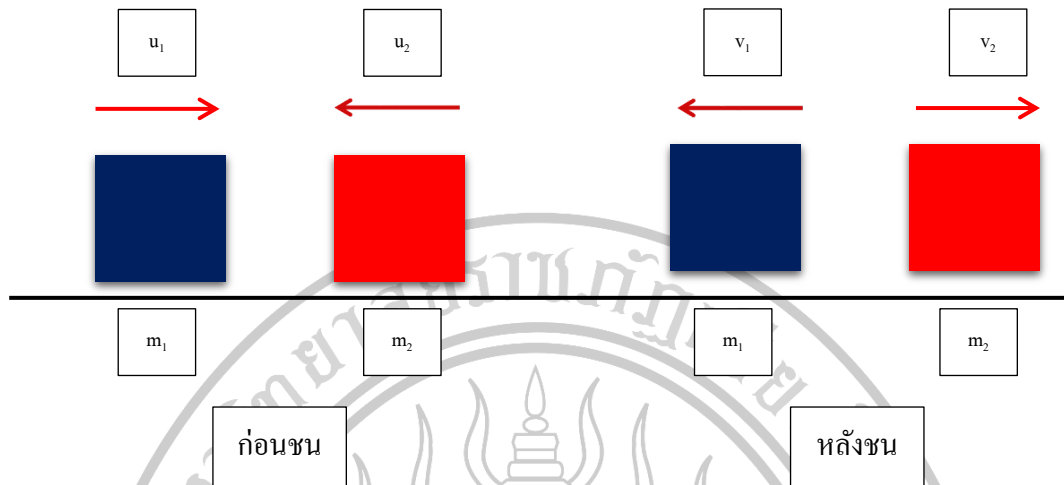
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

โดยที่ $\vec{F}$ เรียกว่า แรงคล หน่วยเป็นนิวตัน (N) และ $\Delta \vec{p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เรียกว่า การคล หน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

3. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชน

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน ยกตัวอย่างเช่น



จากรูปจะสามารถเขียนสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ดังนี้

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$$

$$m_1 u_1 + m_2 (-u_2) = m_1 (-v_1) + m_2 v_2$$

ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์รวมของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบยืดหยุ่น

$$\sum E_{k_i} = \sum E_{k_f}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$$\sum E_{k_i} > \sum E_{k_f}$$

โดย $\sum E_{k_i}$ เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบก่อนชน และ $\sum E_{k_f}$ เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบหลังชน

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน -

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. มุ่งมั่นในการทำงาน
3. ทำงานเป็นทีม

8. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

9. การบูรณาการ(ถ้ามี) -

10. กิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ จำนวนชั่วโมง 100 นาที โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ทั้งหมด 8 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (5 นาที)

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนผ่านกระบวนการ Flipped classroom โดยนักเรียนทบทวนความรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และโมเมนตัม ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 โดยครูคอยถามคำถามเพื่อทบทวนและตรวจสอบความรู้เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน และโมเมนตัม ของนักเรียน พร้อมยกตัวอย่างการชนกันของวัตถุที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน พร้อมชวนนักเรียนวิเคราะห์ลักษณะการชนที่เป็นไปได้ พร้อมสอบถามนักเรียนถึงปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมในคาบนี้

ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง (5 นาที)

- นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู ครูอธิบายกิจกรรมการทดลองและใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น พร้อมแนะนำสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ช่วยกันระดมความคิด เพื่อลงข้อสรุปและอธิบายการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

ขั้นตอนการทำงาน (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำทำนายผลการทดลองการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 1

ขั้นตอนอภิปรายผลการทำนาย (20 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทำนายการชนกันของวัตถุที่กลุ่มของนักเรียนได้คาดการณ์ไว้ พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นอภิปรายผลการทำนาย โดยครูและนักเรียนร่วมสรุปผลการทำนายที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนสังเกตการณ์ (30 นาที)

- นักเรียนศึกษาการใช้งานของสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริงในการสังเกตการณ์การชนกันของ

วัตถุตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วต้น ตามใบกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น พร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต

ขั้นตอนอธิบาย (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ พร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบายและเปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนชนกับหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนชนกับหลังชน เพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ตอนที่ 2

ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่ออธิบายผลการทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนติดตามผล (10 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การชนกันของวัตถุ เพื่อให้ นักเรียนมองเห็นภาพการชนกันของวัตถุมากขึ้น พร้อมยกตัวอย่างโจทย์การแก้ปัญหาเรื่อง การชนกันของวัตถุ และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้การชนกันของวัตถุ
- ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน (K) และแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การทำนายการชนกันของวัตถุ
- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อ

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

- สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic

Collision

11.2 แหล่งเรียนรู้ -

12. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัม และพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน ได้ถูกต้อง (K)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น	แบบประเมินความรู้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น	อธิบายถูกต้อง ร้อยละ 60 ขึ้นไป
2. แสดงทักษะการคำนวณค่า โมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อน และหลังชน (P)	การเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น	แบบประเมินทักษะกระบวนการจากการทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น	แสดงทักษะการอธิบายตามขั้นตอน ร้อยละ 60 ขึ้นไป
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)	ประเมินจากสภาพจริงของผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรม	แบบประเมินผลแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับ ร้อยละ 60 ขึ้นไป

13. กิจกรรมเสนอแนะ –

14. ความเห็นของผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

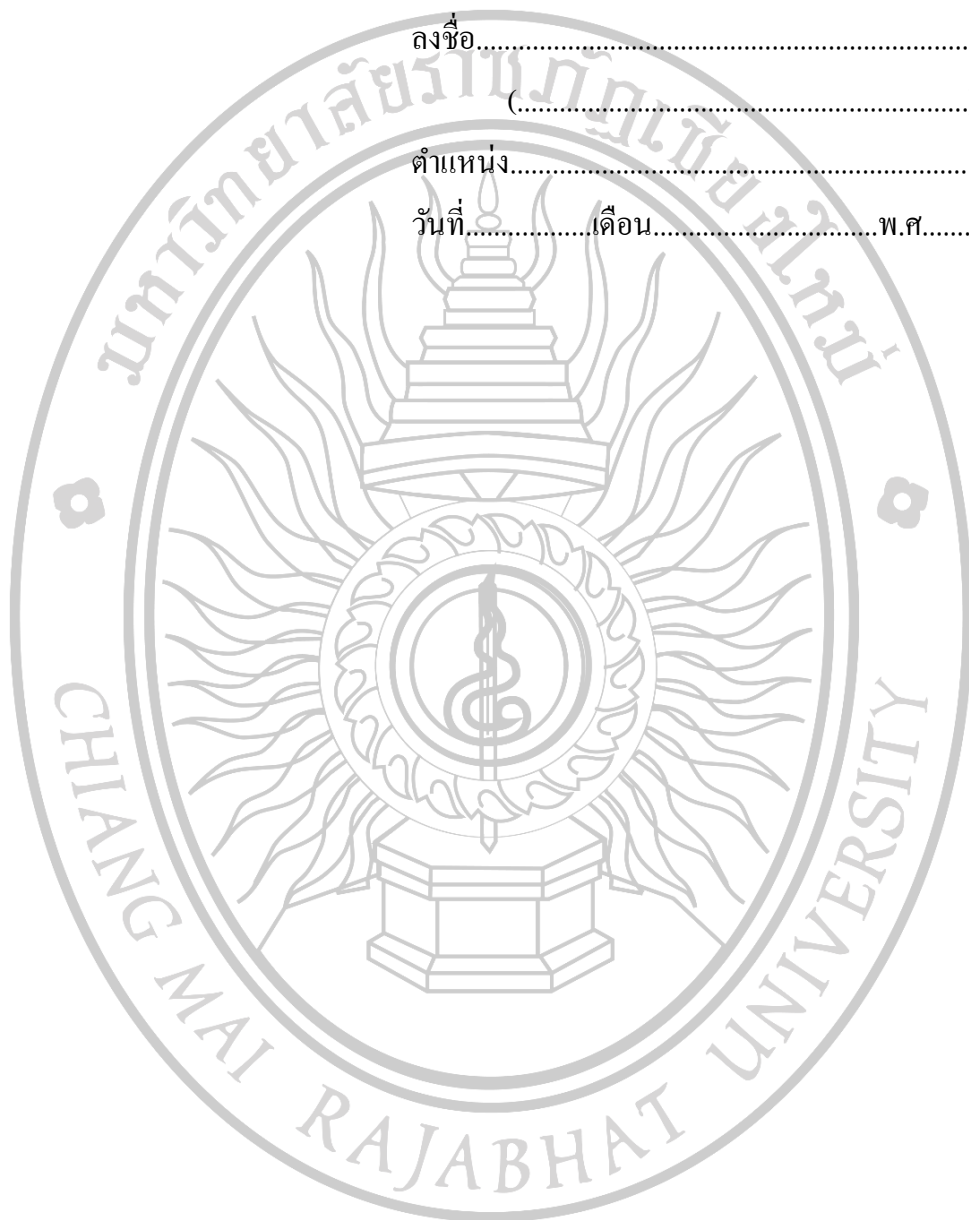
.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



แบบประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					
	1	2	3	4	5	คะแนนรวม
ด้านพุทธิพิสัย: 1. อธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน						
1.1 นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านพุทธิพิสัย						
ด้านทักษะพิสัย: 2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน						
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน ได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านทักษะพิสัย						
ด้านเจตพิสัย: 3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน สามารถทำงานเป็นทีม						
3.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน						
3.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้						
3.3 นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้						
คะแนนรวมด้านเจตพิสัย						
คะแนนรวม						

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านพุทธิพิสัย					
1.อธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน					
1.1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบ้าง ส่วน แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบางส่วน แต่สรุปประเด็นไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องทั้งหมด และสรุปครบประเด็น
ด้านทักษะพิสัย					
2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน					
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ถูกต้อง	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ไม่ครบถ้วนทั้งสองประเด็น	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนร้อยละ 25	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 50	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 75	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป

หัวข้อการ ประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านเจตพิสัย					
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้					
3.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนพยายามมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดี	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดีเยี่ยม
3.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนพยายามใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดี	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดีเยี่ยม
3.3 นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้	นักเรียนพยายามทำงานร่วมกับผู้อื่นยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้น้อยยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างพอใช้ยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดียอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดีเยี่ยมยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม

15. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

15.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ด้านความรู้

.....

.....

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

.....

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

15.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

15.3 แนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำนายรูปแบบการชนที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

1. วัตถุที่มีมวลเท่ากันเคลื่อนที่เข้ามาชนกัน

กรณีที่ 1 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าเท่ากัน

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 2 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าไม่เท่ากัน

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากันเคลื่อนที่เข้ามาชนกัน

กรณีที่ 1 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าเท่ากัน



3. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุอีกก้อนที่อยู่นิ่ง

กรณีที่ 1 วัตถุที่มีมวลเท่ากัน



กรณี 3 วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน โดยให้วัตถุมวลน้อยเคลื่อนชนวัตถุมวลน้อยที่อยู่นิ่ง

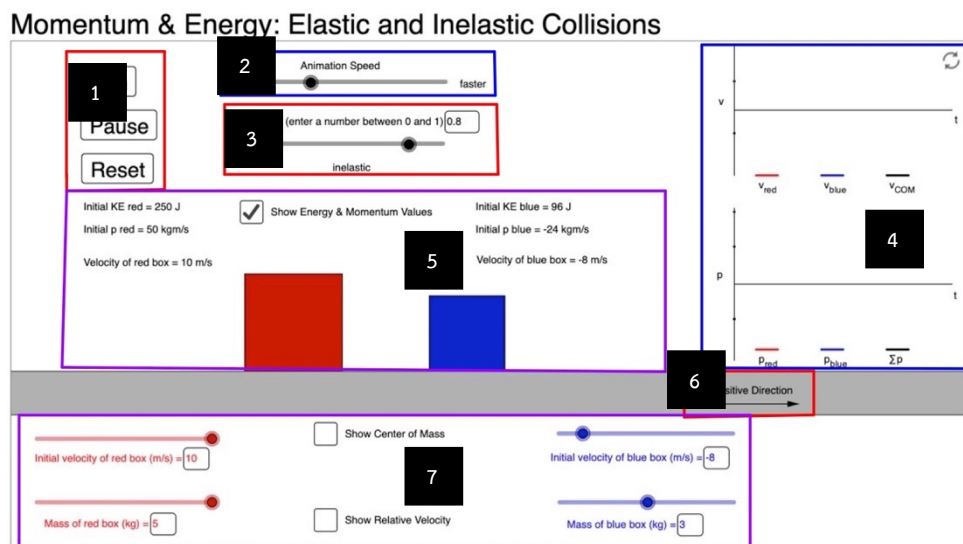
สรุปผลการทำนาย



ตอนที่ 2 การทดลองการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วศึกษาการทดลองการชนแบบยืดหยุ่น ผ่าน simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions พร้อมบันทึกผลการทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

หลักการใช้ simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collision



หมายเลข 1 แถบปุ่มเริ่มต้น (Run) ปุ่มหยุดชั่วคราว (Pause) และปุ่มล้างข้อมูล (Reset)

หมายเลข 2 แถบเลื่อนขนาดความเร็วของ Animation

หมายเลข 3 แถบเลื่อนขนาดความยืดหยุ่นของการชน

Elasticity = 0 คือ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (totally inelastic)

Elasticity = 1 คือ การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ (perfectly elastic)

หมายเลข 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับเวลา ของวัตถุทั้งสองก้อนและของระบบ

หมายเลข 5 แสดงลักษณะการชนกันของวัตถุ ค่าความเร็ว ค่าพลังงานจลน์ ค่าโมเมนตัม ของวัตถุแต่ละก้อนทั้งก่อนและหลังชน

หมายเลข 6 แสดงการกำหนดเครื่องหมายในการเคลื่อนที่ของการทดลองนี้

หมายเลข 7 แถบเลื่อนเพื่อกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะและรูปแบบการชนแบบต่าง ๆ ผ่าน simulation Ophysics
2. เพื่อศึกษาอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชนในการชนรูปแบบยืดหยุ่น

วิธีการทดลอง

การชนแบบยืดหยุ่น

1. ให้นักเรียนกำหนดค่า Elasticity = 1 (perfectly elastic)
2. นักเรียนทดลองโดยกำหนดค่ามวลและความเร็วเริ่มต้นของมวลตามตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กด RUN เพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุ พร้อมวาดรูปประกอบ
4. คำนวณและการเปรียบเทียบพลังงานจลน์และ โมเมนตัมก่อนและหลังชนของมวลแต่ละก้อน
5. สรุปและอธิบายผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การชนแบบยืดหยุ่น

1.1 กรณีมวลเท่ากัน

กำหนดให้ : มวลแต่ละก้อนหนัก 5 kg

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย.....		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย		พลังงาน จลน์หลัง ชน หน่วย		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย.....		โมเมนตัม หลังชน หน่วย.....	
	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2
1	5	0										
2	5	-4										
3	5	-5										
4	5	-8										
5	5	-10										

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

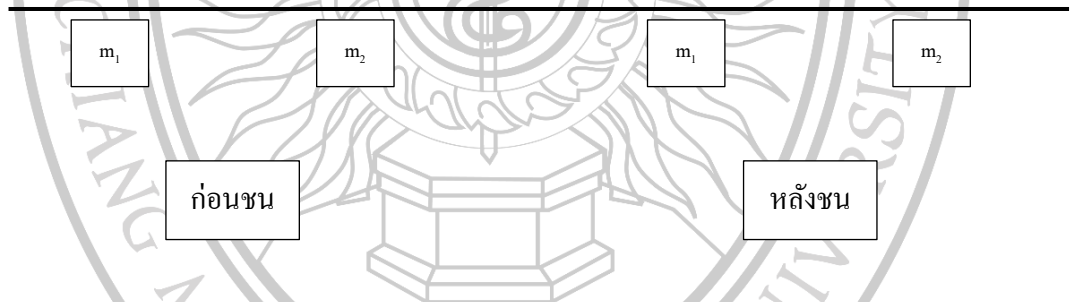
.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 2



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

กรณีที่ 3.

ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน=.....หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน.....หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน.....หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน.....หน่วย.....

กรณีที่ 4.

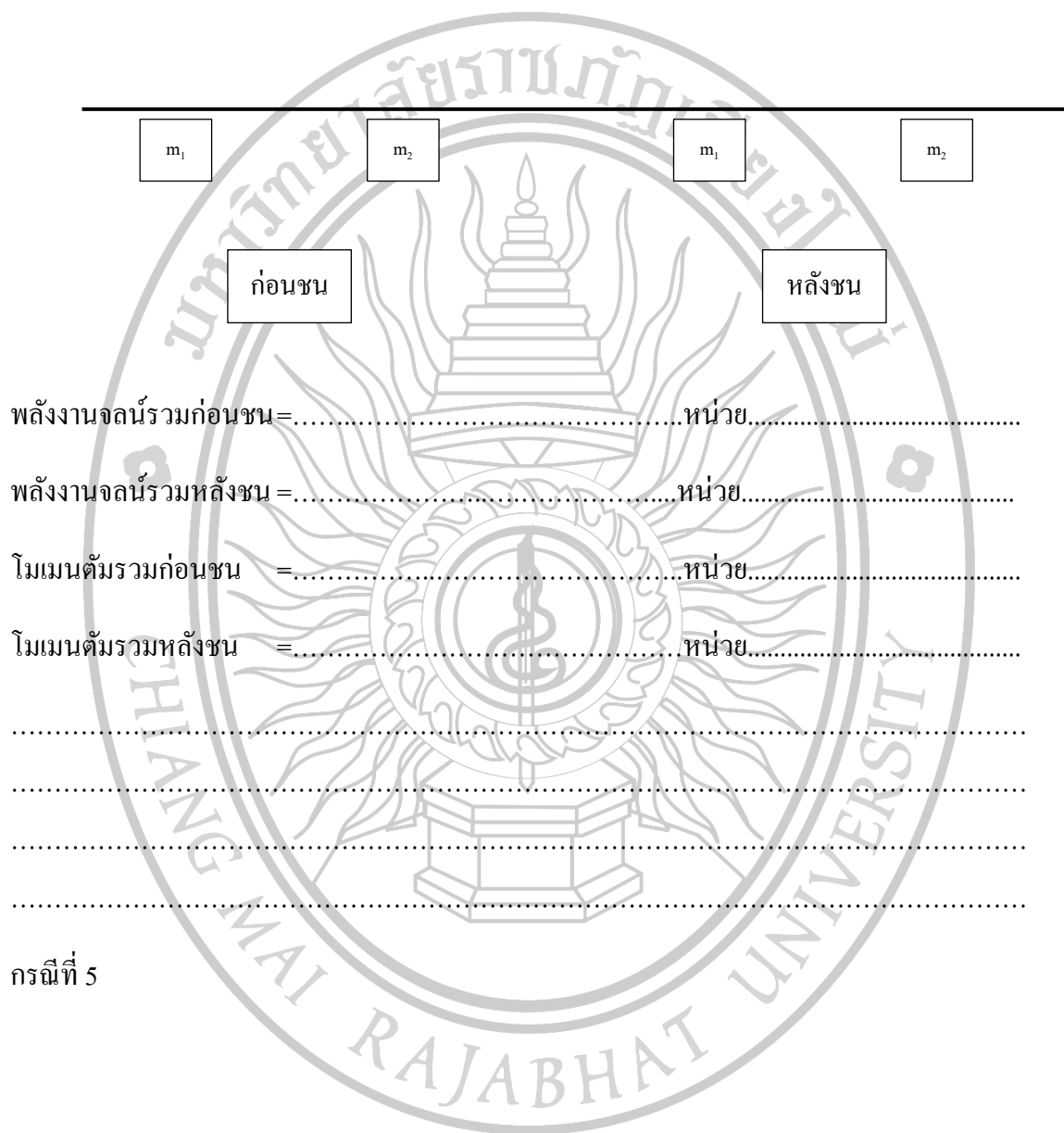


Diagram illustrating Case 4: Two masses m_1 and m_2 are shown on a horizontal surface. The diagram is divided into two sections: "ก่อนชน" (Before collision) and "หลังชน" (After collision).

Below the diagram, the following calculations are provided:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 5



Diagram illustrating Case 5: Two masses m_1 and m_2 are shown on a horizontal surface. The diagram is divided into two sections: "ก่อนชน" (Before collision) and "หลังชน" (After collision).

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...หน่วย.....

โมเมนต์รวมก่อนชน = ...หน่วย.....

โมเมนต์รวมหลังชน = ... หน่วย.....



กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 1 (M_1) = ... 5 หน่วย kg
 มวลก้อนที่ 2 (M_2) = ... 3 หน่วย kg

[illegible]

กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 3 (M_3) = ...3.....หน่วย.....kg.....

มวลก้อนที่ 4 (M_4) = ...5.....หน่วย.....kg.....

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย.....		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย		พลังงาน จลน์ หลังชน หน่วย		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย.....		โมเมนตัม หลังชน หน่วย.....	
	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4
5	5	0										
6	5	-4										
7	5	-5										
8	5	-8										

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

กรณีที่ 2.



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

กรณีที่ 3.

Diagram illustrating a collision scenario on a horizontal beam. The beam has four masses labeled m_1 , m_2 , m_1 , and m_2 from left to right. Below the beam, there are two boxes labeled "ก่อนชน" (Before collision) and "หลังชน" (After collision).

Calculations for kinetic energy and angular momentum are provided below the diagram:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

กรณีที่ 4.

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 5

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

กรณีที่ 6



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

กรณีที่ 7



ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 8.



ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

อธิบายผลและสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



(เฉลย)ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำนายรูปแบบการชนที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

1. วัตถุที่มีมวลเท่ากันเคลื่อนที่เข้ามาชนกัน

กรณีที่ 1 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าเท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

กรณีที่ 2 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าไม่เท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากันเคลื่อนที่เข้ามาชนกัน

กรณีที่ 1 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าเท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

กรณีที่ 2 ความเร็วของวัตถุก่อนชนมีค่าไม่เท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

3. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุอีกก้อนที่อยู่นิ่ง

กรณีที่ 1 วัตถุที่มีมวลเท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

กรณี 2 วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน โดยให้วัตถุมวลมากเคลื่อนชนวัตถุมวลน้อยที่อยู่นิ่ง

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

กรณี 3 วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากัน โดยให้วัตถุมวลน้อยเคลื่อนชนวัตถุมวลน้อยที่อยู่นิ่ง

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

สรุปผลการทำนาย

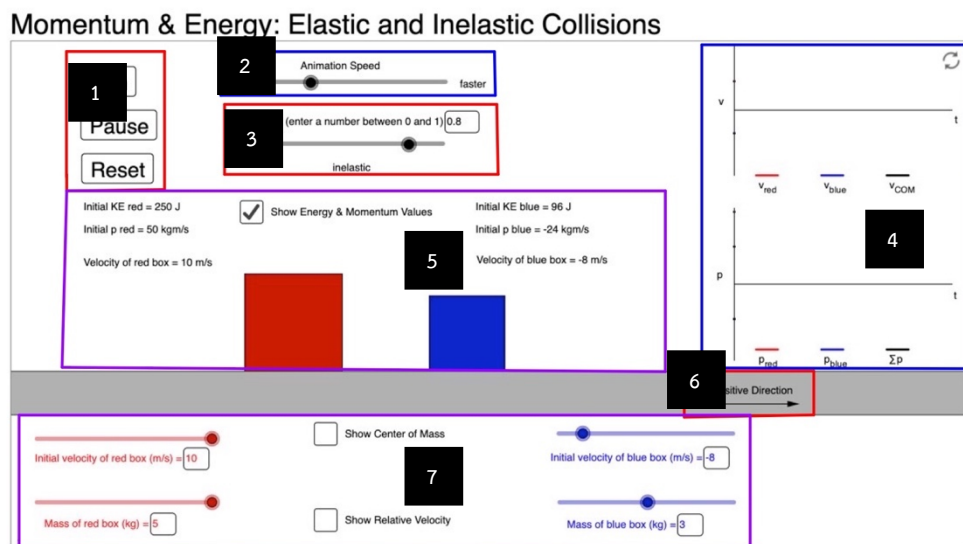
คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

ตอนที่ 2 การทดลองการชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนศึกษาการทดลองการชนแบบยืดหยุ่น ผ่าน simulation Ophysics

:Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions พร้อมบันทึกผลการทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

หลักการ ใช้ simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collision



หมายเลข 1 แถบปุ่มเริ่มต้น (Run) ปุ่มหยุดชั่วคราว (Pause) และปุ่มล้างข้อมูล (Reset)

หมายเลข 2 แถบเลื่อนขนาดความเร็วของ Animation

หมายเลข 3 แถบเลื่อนขนาดความยืดหยุ่นของการชน

Elasticity = 0 คือ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (totally inelastic)

Elasticity = 1 คือ การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ (perfectly elastic)

หมายเลข 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับเวลา ของวัตถุทั้งสองก่อนและหลังชน

หมายเลข 5 แสดงลักษณะการชนกันของวัตถุ ค่าความเร็ว ค่าพลังงานจลน์ ค่าโมเมนตัม ของวัตถุแต่ละก้อนทั้งก่อนและหลังชน

หมายเลข 6 แสดงการกำหนดเครื่องหมายในการเคลื่อนที่ของการทดลองนี้

หมายเลข 7 แถบเลื่อนเพื่อกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะและรูปแบบการชนแบบต่าง ๆ ผ่าน simulation Ophysics
2. เพื่อศึกษาอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชนในการชนรูปแบบยืดหยุ่น

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การชนแบบยืดหยุ่น

1. ให้นักเรียนกำหนดค่า Elasticity = 1 (perfectly elastic)
2. นักเรียนทดลองโดยกำหนดค่ามวลและความเร็วเริ่มต้นของมวลตามตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กด RUN เพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุ พร้อมวาดรูปประกอบ
4. คำนวณและการเปรียบเทียบพลังงานจลน์และ โมเมนตัมก่อนและหลังชนของมวลแต่ละก้อน
5. สรุปและอธิบายผลการทดลอง

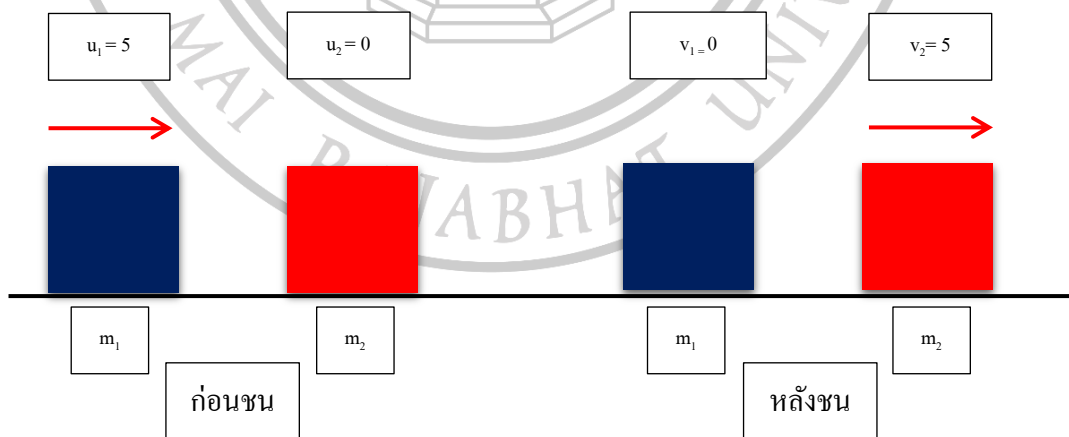
บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การชนแบบยืดหยุ่น

1.1 กรณีมวลเท่ากัน กำหนดให้ : มวลแต่ละก้อนหนัก 5 kg

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s...		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลัง ชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
1	5	0	0	5	62.5	0	0	62.5	25	0	0	25
2	5	-4	-4	5	62.5	40	40	62.5	25	-20	-20	25
3	5	-5	-5	5	62.5	62.5	62.5	62.5	25	-25	-25	25
4	5	-8	-8	5	62.5	160	160	62.5	25	-40	-40	25
5	5	-10	-10	5	62.5	250	250	62.5	25	-50	-50	25

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนและหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1 **แนวการตอบ**

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 62.5 หน่วย J

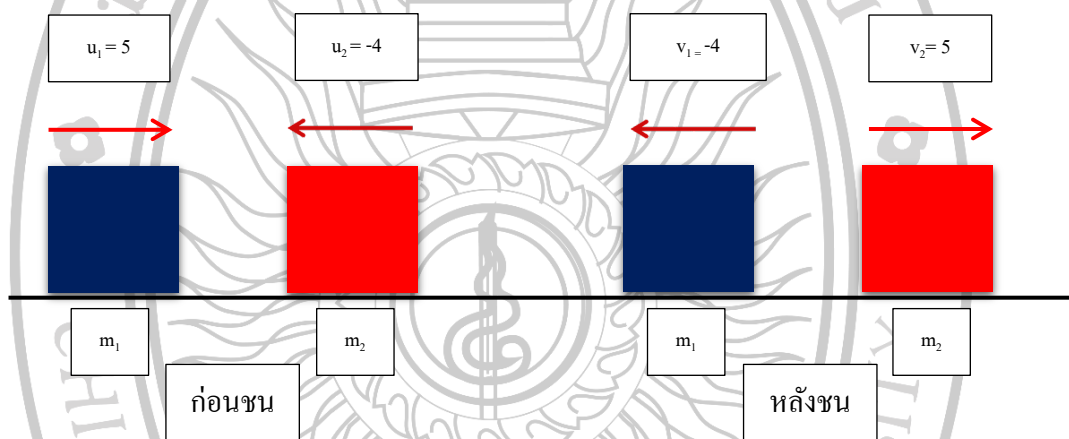
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 62.5 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 25 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 25 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนแรกที่เคลื่อนที่เข้าไปชนจะหยุดนิ่ง ส่วนมวลก้อนที่สองที่อยู่นิ่งจะเคลื่อนที่ไปทางด้านขวามือด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วที่เข้าชน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน. โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 2 **แนวการตอบ**



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 102.5 หน่วย J

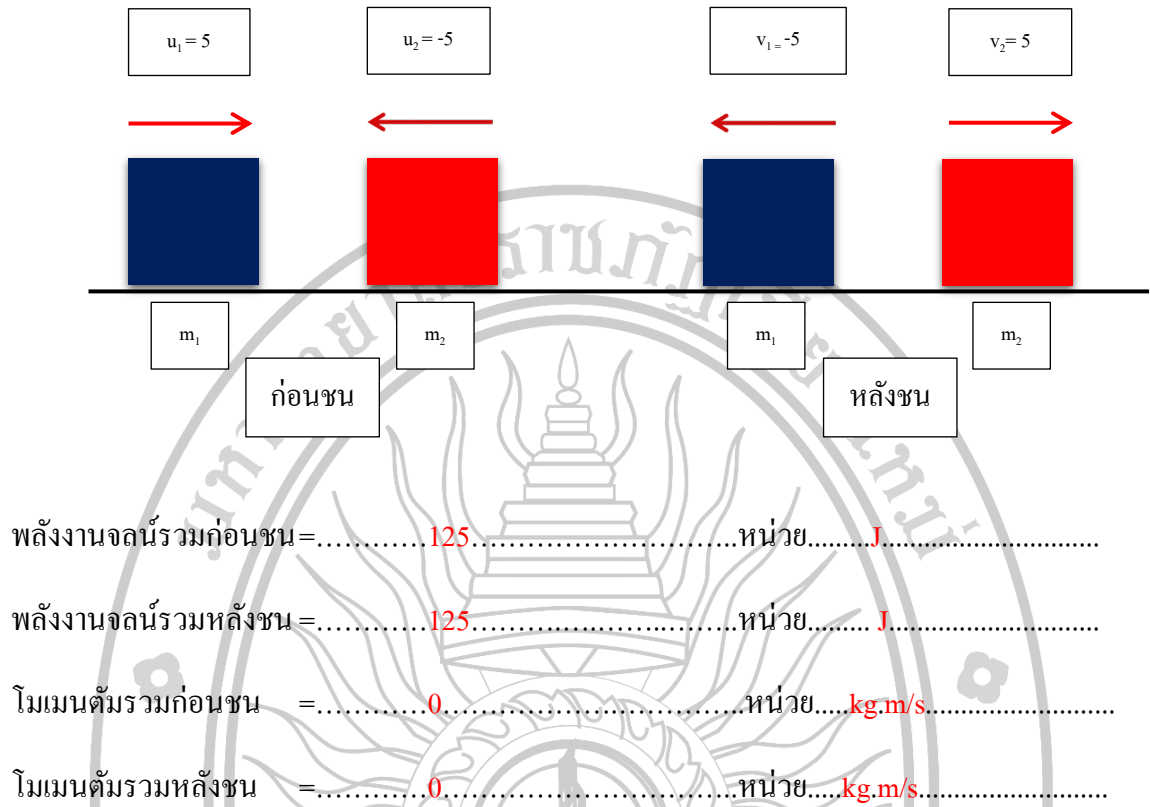
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 102.5 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 5 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 5 หน่วย kg.m/s

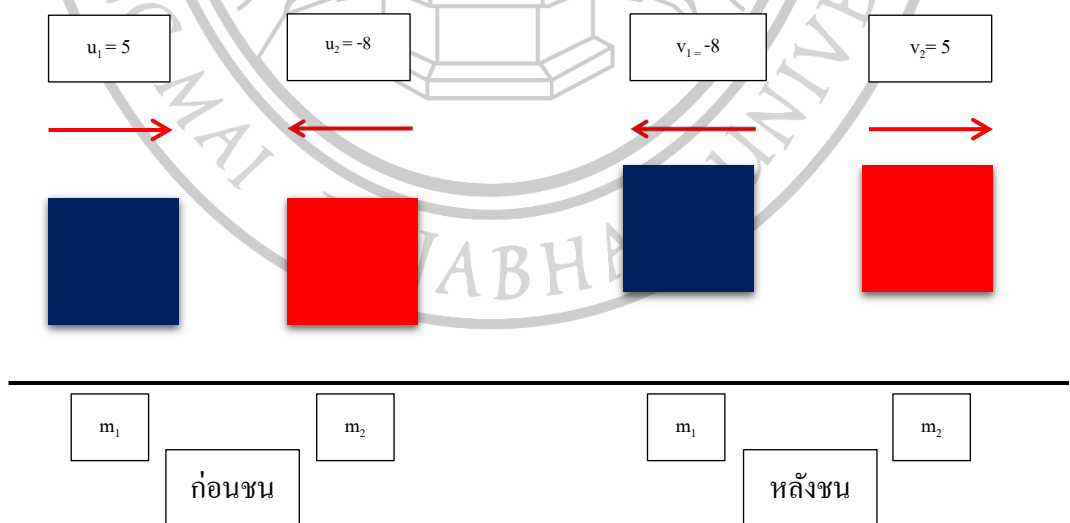
หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนจะสลับกัน. พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 3. **แนวการตอบ**



หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันด้วยความเร็วเท่ากันแต่มีทิศทางคนละทิศกัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 4. **แนวการตอบ**



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ...222.5.....หน่วย.....J.....

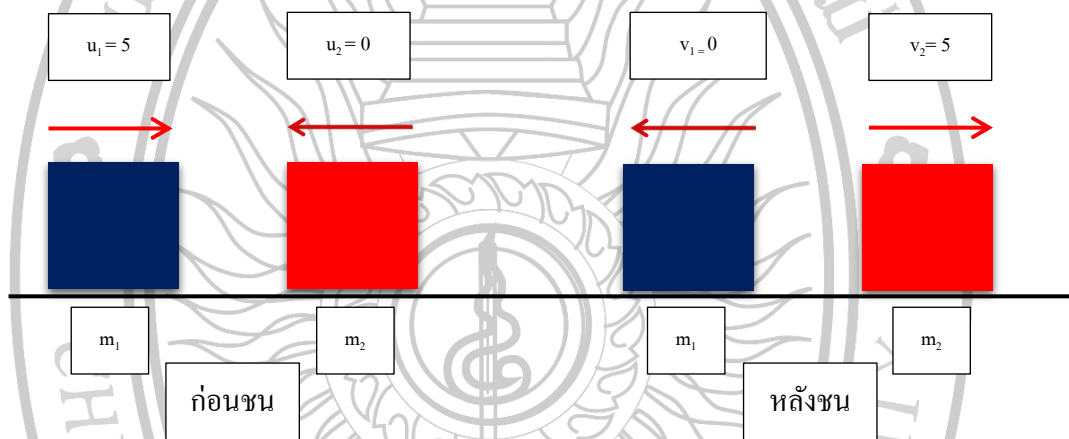
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...222.5.....หน่วย.....J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ...-15.....หน่วย.....kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ...-15.....หน่วย.....kg.m/s.....

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนจะสลับกัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 5 แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ...312.5.....หน่วย.....J.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...312.5.....หน่วย.....J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ...-25.....หน่วย.....kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ...-25.....หน่วย.....kg.m/s.....

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนจะสลับกัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

1.2 กรณีมวลไม่เท่ากัน

กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 1 (M_1) = ...5.....หน่วย.....kg.....

มวลก้อนที่ 2 (M_2) = ...3.....หน่วย.....kg.....

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s...		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลังชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2
1	5	0	1.25	6.25	62.5	0	3.906	58.594	25	0	6.25	18.75
2	5	-4	-1.75	7.25	62.5	24	7.656	78.844	25	-12	-8.75	21.75
3	5	-5	-2.5	7.5	62.5	37.5	15.625	84.375	25	-15	-12.5	22.5
4	5	-8	-4.75	8.25	62.5	96	56.406	102.094	25	-24	-23.75	24.75

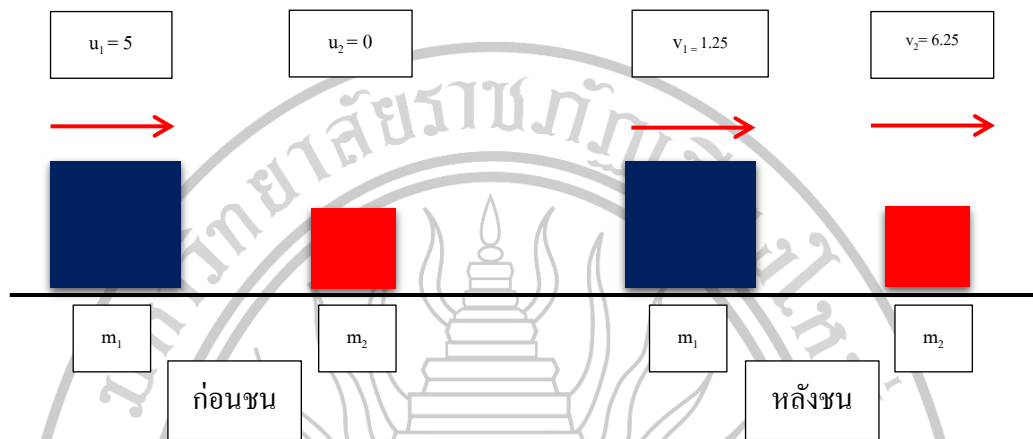
กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 3 (M_3) = ...3.....หน่วย.....kg.....

มวลก้อนที่ 4 (M_4) = ...5.....หน่วย.....kg.....

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s...		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลังชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4
5	5	0	-1.25	3.75	37.5	0	2.344	35.156	15	0	-3.75	18.75
6	5	-4	-6.25	2.75	37.5	40	58.594	18.906	15	-20	-18.75	13.75
7	5	-5	-7.5	2.5	37.5	62.5	84.375	15.625	15	-25	-22.5	12.5
8	5	-8	-11.25	1.75	37.5	160	189.844	7.656	15	-40	-33.75	8.75

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนและหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1 **แนวคำตอบ**



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 62.5 หน่วย J

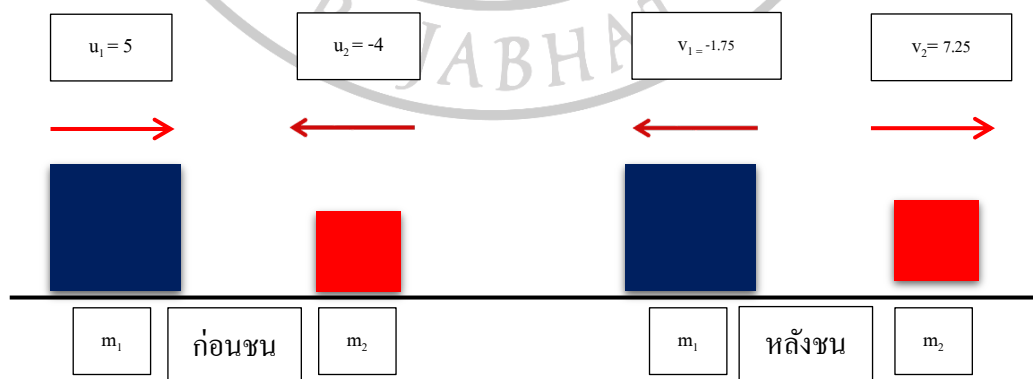
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 62.5 หน่วย J

ขนาดโมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 25 หน่วย kg.m/s

ขนาดโมเมนตัมรวมหลังชน = ... 25 หน่วย kg.m/s

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางเดียวกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนจะไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 2. **แนวคำตอบ**



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 86.5 หน่วย J

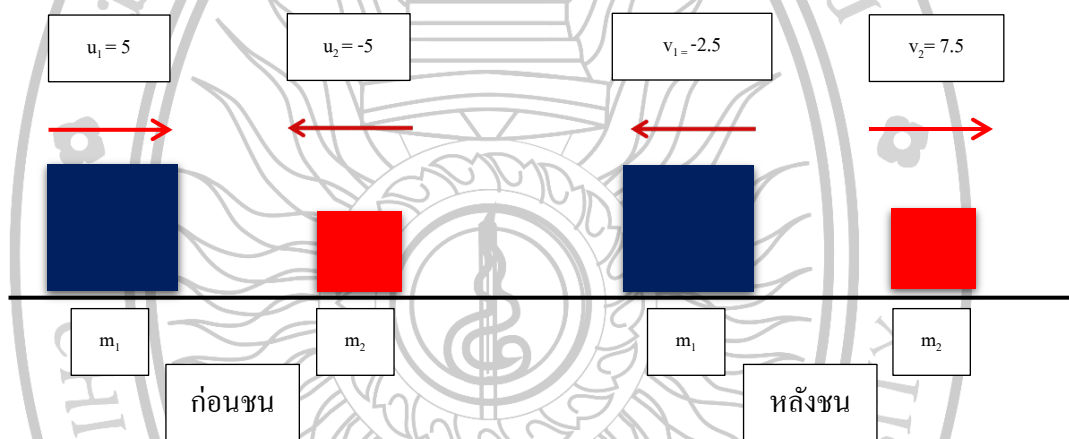
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 86.5 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 13 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 13 หน่วย kg.m/s

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 3. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 100 หน่วย J

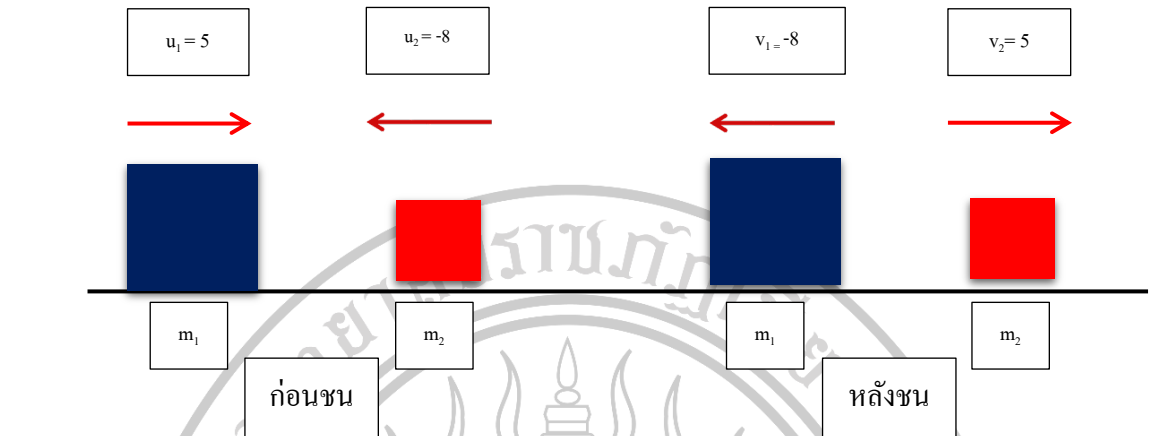
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 100 หน่วย J

ขนาดโมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 10 หน่วย kg.m/s

ขนาดโมเมนตัมรวมหลังชน = ... 10 หน่วย kg.m/s

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 4. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 158.5 หน่วย..... J.....

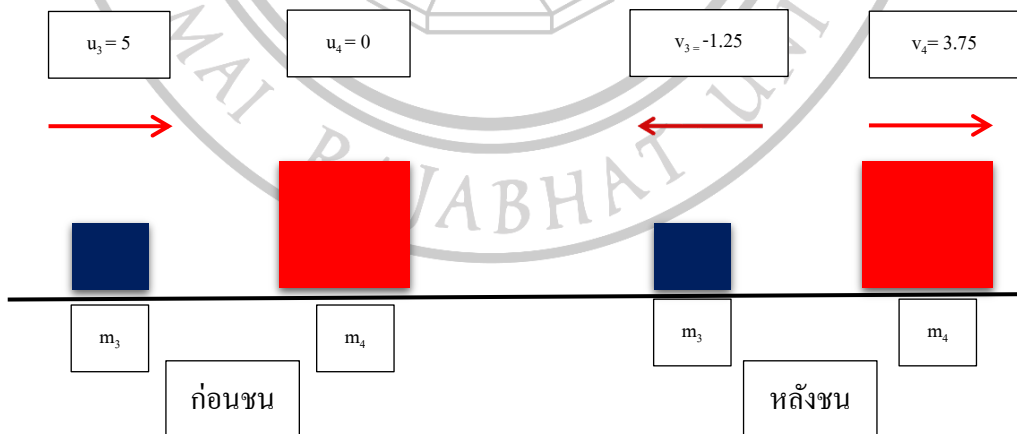
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 158.5 หน่วย..... J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 1 หน่วย..... kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 1 หน่วย..... kg.m/s.....

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อน ไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 5 แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ...37.5.....หน่วย.....J.....

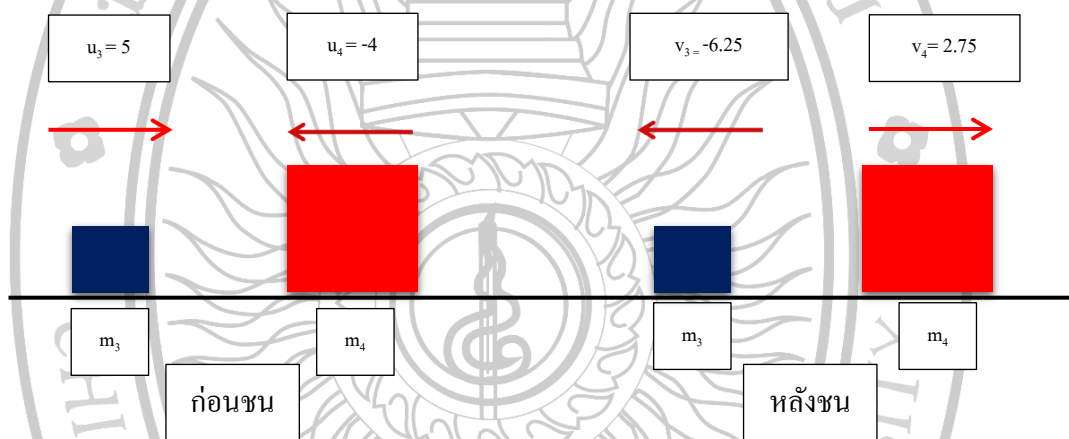
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...37.5.....หน่วย.....J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ...15.....หน่วย.....kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ...15.....หน่วย.....kg.m/s.....

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 6 **แนวการตอบ**



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ...77.5.....หน่วย.....J.....

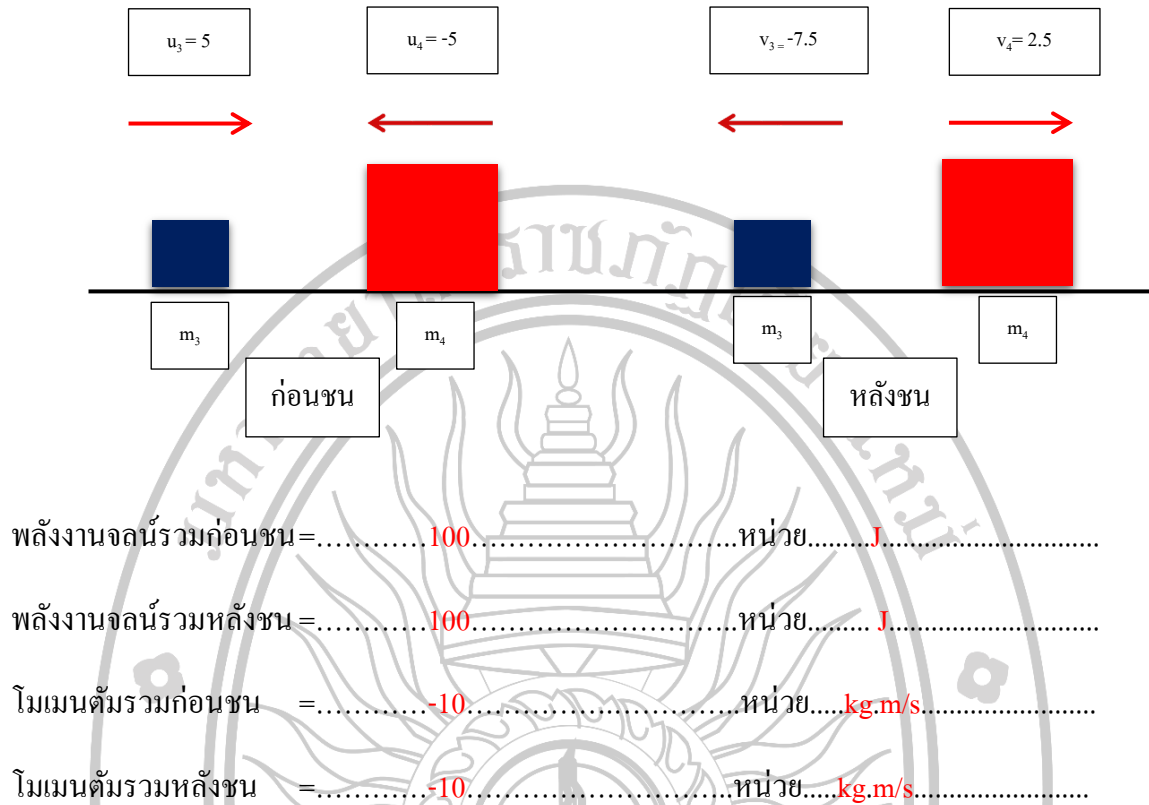
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...77.5.....หน่วย.....J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ...-5.....หน่วย.....kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ...-5.....หน่วย.....kg.m/s.....

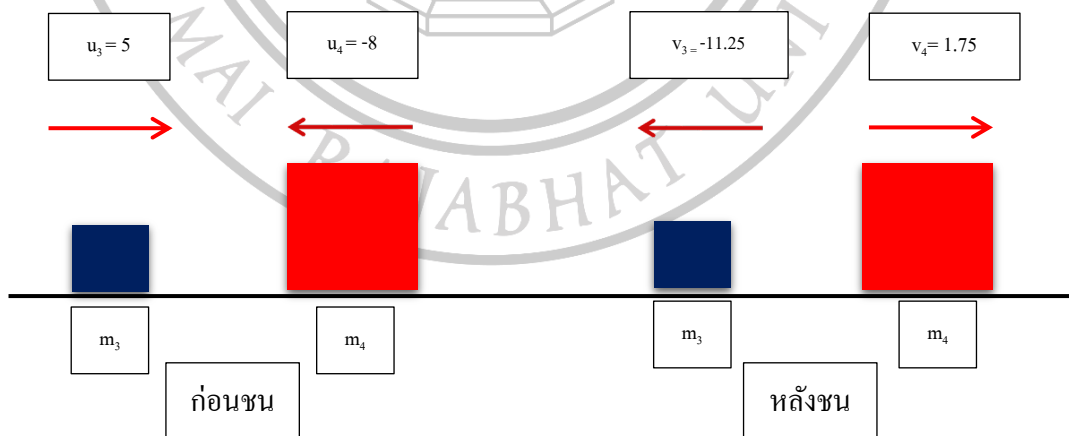
หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 7 แนวการตอบ



หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อนไม่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 8. แนวการตอบ



โมเมนตัมรวมหลังชน = ...-25.....หน่วย.....kg.m/s.....

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนเคลื่อนที่แยกออกจากกันในทิศทางคนละทิศกัน โดยที่ความเร็ว
ของวัตถุทั้งสองก้อน ไม่เท่ากันพลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน โมเมนตัมรวมก่อน
ชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

อธิปราชผลและสรุปผลการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มพูน

รหัสวิชา ว33201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่....

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อหน่วย โมเมนตัม และการชน

แผนการสอน เรื่อง การชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น

เวลา 2 คาบ

วันที่ทำการสอน.....

ครูผู้สอน....ม.สราวุธ ปุดมาเล

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

การชนในหนึ่งมิติหรือการชนในแนวตรงเป็นการชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนชนและหลังการชนในการชนกันของวัตถุโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมแต่พลังงานจลน์ของระบบอาจจะมีค่าคงตัวหรือไม่ก็ได้ การชนที่มีพลังงานจลน์ของระบบคงตัว เรียกว่า การชนแบบยืดหยุ่น การชนที่มีพลังงานจลน์ของระบบมีค่าไม่คงตัว เรียกว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย สรุปเกี่ยวกับ โมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง (K)

2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน (P)

3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)

5. สาระการเรียนรู้

โมเมนตัมและการชน

1. โมเมนตัม เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

2. การคล แรงคล เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ มีแรงคลที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วปลายเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

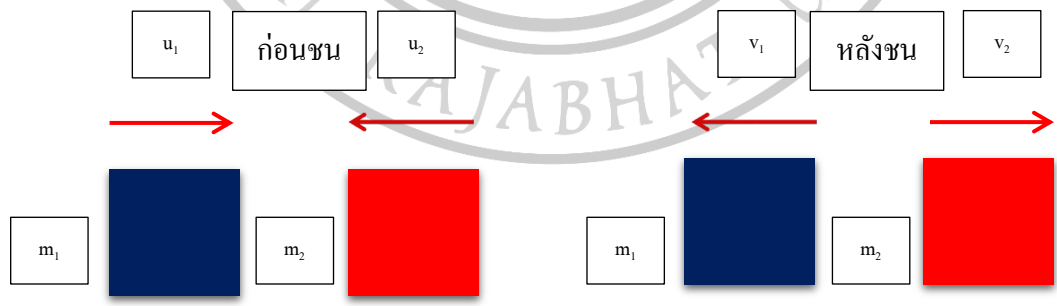
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

โดยที่ $\vec{F}$ เรียกว่า แรงคล หน่วยเป็นนิวตัน (N) และ $\Delta \vec{p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เรียกว่า การคล หน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

3. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและการชน

ในการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ โดย $\sum \vec{P}_i$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบก่อนชน และ $\sum \vec{P}_f$ เป็นโมเมนตัมรวมของระบบหลังชน ยกตัวอย่างเช่น



จากรูปจะสามารถเขียนสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ดังนี้

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$$

$$m_1 u_1 + m_2 (-u_2) = m_1 (-v_1) + m_2 v_2$$

ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์รวมของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} = \Sigma E_{k_f}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

$$\Sigma E_{k_i} > \Sigma E_{k_f}$$

โดย ΣE_{k_i} เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบก่อนชน และ ΣE_{k_f} เป็นพลังงานจลน์รวมของระบบหลังชน

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน -

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. มุ่งมั่นในการทำงาน
3. ทำงานเป็นทีม

8. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

9. การบูรณาการ(ถ้ามี) -

10. กิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ จำนวนชั่วโมง 100 นาที โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ทั้งหมด 8 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (5 นาที)

- ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยอ้างอิงถึงการทดลองในชั่วโมงที่ผ่านมาของนักเรียนพร้อมสอบถามนักเรียนถึงปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุและความรู้ที่ได้จากคาบที่ผ่านมา พร้อมนำเข้าสู่กิจกรรมในคาบนี้

ขั้นตอนการแนะนำการทดลอง (5 นาที)

- นักเรียนฟังคำชี้แจงการทดลองในคาบเรียนนี้จากครู ครูอธิบายกิจกรรมการทดลองและใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น พร้อมแนะนำสื่อจำลองได้ตอบเสมือนจริง

Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ช่วยกันระดมความคิด เพื่อลงข้อสรุปและอธิบายการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ขั้นตอนการทำนาย (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำทำนายผลการทดลองการชนกันของวัตถุ ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 1

ขั้นตอนอธิบายผลการทำนาย (20 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทำนายการชนกันของวัตถุที่กลุ่มของนักเรียนได้คาดการณ์ไว้ พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นอภิปรายผลการทำนาย โดยครูและนักเรียนร่วมสรุปผลการทำนายที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนสังเกตการณ์ (20 นาที)

- นักเรียนศึกษาการใช้งานของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions และทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 2 โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการสังเกตการณ์การชนกันของวัตถุตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วต้น ตามใบกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น พร้อมให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้จากการสังเกต

ขั้นตอนอธิบาย (10 นาที)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ พร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบายและเปรียบเทียบ พลังงานจลน์รวมก่อนชนกับหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนชนกับหลังชน เพื่อหาข้อสรุปและอธิบายลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ตอนที่ 2

ขั้นตอนเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (10 นาที)

- ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่ออธิบายผลการทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพื่อตรวจสอบความเหมือนและแตกต่างของการอธิบายของนักเรียนกับการนิยามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนติดตามผล (20 นาที)

- ครูอธิบายเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การชนกันของวัตถุ เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพการชนกันของวัตถุมากขึ้น พร้อมยกตัวอย่างโจทย์การแก้ปัญหาเรื่อง การชนกันของวัตถุ และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้การชนกันของวัตถุ
- นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน
- ครูประเมินการอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน (K) และแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานก่อนและหลังชน (P) โดยตรวจสอบจากใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A) จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมในห้องเรียน

11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อ

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น
- สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic

Collision

11.2 แหล่งเรียนรู้ –

12. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัม และพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน ได้ถูกต้อง (K)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	แบบประเมินความรู้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	อธิบายถูกต้อง ร้อยละ 60 ขึ้นไป
2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน (P)	ประเมินจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	แบบประเมินทักษะกระบวนการจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	แสดงทักษะการอธิบายตามขั้นตอน ร้อยละ 60 ขึ้นไป
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)	ประเมินจากสภาพจริงของผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรม	แบบประเมินผล แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับ ร้อยละ 60 ขึ้นไป

13. กิจกรรมเสนอแนะ –

14. ความเห็นของผู้บริหาร / ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					
	1	2	3	4	5	คะแนนรวม
ด้านพุทธิพิสัย: 1. อธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน						
1.1 นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านพุทธิพิสัย						
ด้านทักษะพิสัย: 2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน						
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน ได้ถูกต้อง						
คะแนนรวมด้านทักษะพิสัย						
ด้านเจตพิสัย: 3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน สามารถทำงานเป็นทีม						
3.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน						
3.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้						
3.3 นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้						
คะแนนรวมด้านเจตพิสัย						
คะแนนรวม						

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านพุทธิพิสัย					
1.อธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชน					
1.1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้อง	นักเรียนพยายามอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบ้าง แต่สรุปไม่ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบางส่วน แต่สรุปประเด็นไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องบางส่วน และสรุปครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องทั้งหมด แต่สรุปไม่ครบประเด็น	นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปลักษณะเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการชนได้ถูกต้องทั้งหมด และสรุปครบประเด็น
ด้านทักษะพิสัย					
2. แสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน					
2.1 นักเรียนสามารถแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ถูกต้อง	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ไม่ครบถ้วนทั้งสองประเด็น	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนร้อยละ 25	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 50	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 75	นักเรียนแสดงทักษะการคำนวณค่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังชนได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป

หัวข้อการ ประเมิน	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้สมรรถนะของผู้เรียน				
	1	2	3	4	5
ด้านเจตพิสัย					
3. มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่รู้ใฝ่เรียน และสามารถทำงานเป็นทีมได้					
3.1 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนพยายามมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดี	นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานได้ในระดับดีเยี่ยม
3.2 นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนพยายามใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับน้อย	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับพอใช้	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดี	นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ในระดับดีเยี่ยม
3.3 นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้	นักเรียนพยายามทำงานร่วมกับผู้อื่นยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้น้อยยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างพอใช้ยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดียอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดีเยี่ยมยอมรับความคิดเห็นของคนในกลุ่ม

15. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

15.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ด้านความรู้

.....

.....

.....

2) ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

.....

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

15.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

15.3 แนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำนายรูปแบบการชนที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปประกอบ

1. เมื่อวัตถุสองก้อนเคลื่อนที่เข้าหากัน ปรากฏว่าหลังจากการชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป

.....

.....

.....

2. เมื่อมีวัตถุก้อนหนึ่งเกิดการระเบิดและทำให้หลังการระเบิดเกิดแยกเป็นสองส่วนที่มีมวลเท่ากัน

.....

.....

.....

สรุปผลการทำนาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

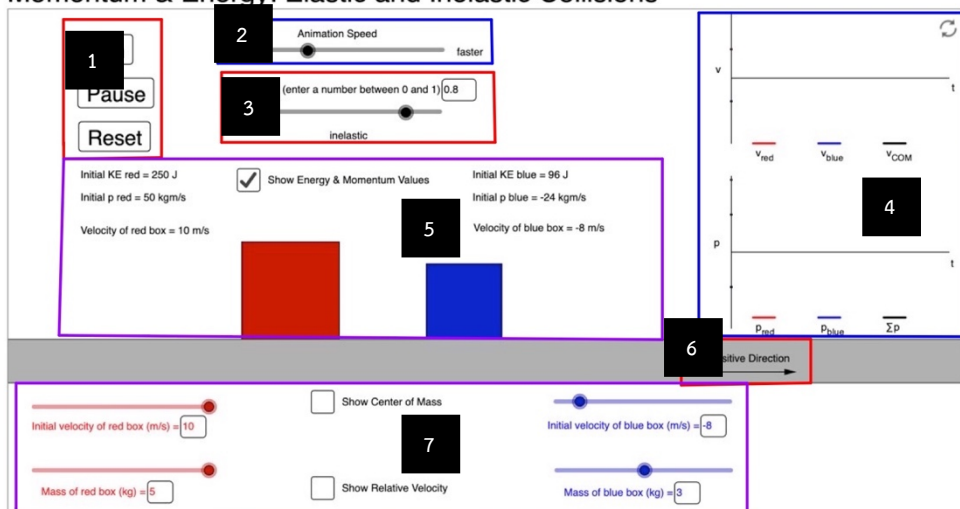
.....

ตอนที่ 2 การทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วศึกษาการทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ผ่าน simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions พร้อมบันทึกผลการทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

หลักการ ใช้ simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collision

Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions



หมายเลข 1 แถบปุ่มเริ่มต้น (Run) ปุ่มหยุดชั่วคราว (Pause) และปุ่มล้างข้อมูล (Reset)

หมายเลข 2 แถบเลื่อนขนาดความเร็วของ Animation

หมายเลข 3 แถบเลื่อนขนาดความยืดหยุ่นของการชน

Elasticity = 0 คือ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (totally inelastic)

Elasticity = 1 คือ การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ (perfectly elastic)

หมายเลข 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับเวลา ของวัตถุทั้งสองก้อนและของระบบ

หมายเลข 5 แสดงลักษณะการชนกันของวัตถุ ค่าความเร็ว ค่าพลังงานจลน์ ค่าโมเมนตัม ของวัตถุแต่ละก้อนทั้งก่อนและหลังชน

หมายเลข 6 แสดงการกำหนดเครื่องหมายในการเคลื่อนที่ของการทดลองนี้

หมายเลข 7 แถบเลื่อนเพื่อกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะและรูปแบบการชนแบบต่าง ๆ ผ่าน simulation Ophysics
2. เพื่อศึกษาอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชนในการชนรูปแบบไม่ยืดหยุ่น

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนกำหนดค่า Elasticity = 0 (totally inelastic)
2. นักเรียนทดลองโดยกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นของมวลตามตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กด RUN เพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุ พร้อมวาดรูปประกอบ
4. คำนวณและการเปรียบเทียบพลังงานจลน์และโมเมนตัมก่อนและหลังชนของมวลแต่ละก้อน
5. สรุปและอธิบายผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

1.1 กรณีมวลเท่ากัน

กำหนดให้ : มวลแต่ละก้อนหนัก 5 kg

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย.....		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย		พลังงาน จลน์หลัง ชน หน่วย		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย.....		โมเมนตัม หลังชน หน่วย.....	
	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2
1	5	0										
2	5	-4										
3	5	-5										
4	5	-8										
5	5	-10										

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1

ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 2

m_1 m_2 m_1 m_2

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 3.

Diagram illustrating a collision experiment setup. A horizontal track is shown with two blocks, m_1 and m_2 , moving from left to right. The initial state is labeled "ก่อนชน" (Before Collision) and the final state is labeled "หลังชน" (After Collision).

Calculations for the collision:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 4.

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 5

m_1 m_2 m_1 m_2

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย

.....

.....

.....

.....

[illegible]

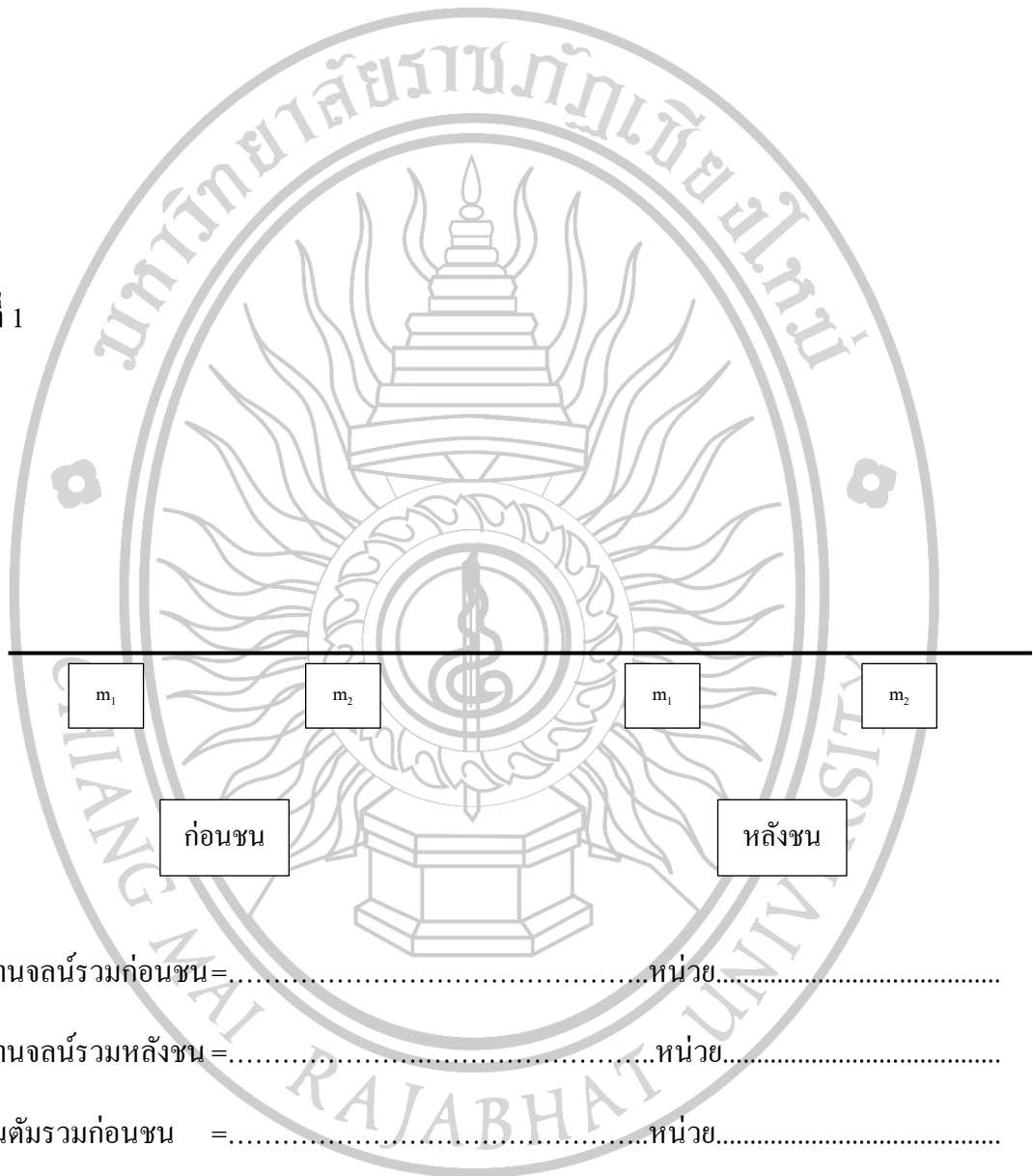
กำหนดให้: มวลก้อนที่ 3 (M_3) = ... 3 หน่วย..... kg.....

มวลก้อนที่ 4 (M_4) = ... 5 หน่วย..... kg.....

[illegible]

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

กรณีที่ 2.

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

กรณีที่ 3.

ก่อนชน หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 4.

Diagram illustrating a collision experiment setup. A horizontal track is shown with two masses, m_1 and m_2 , moving towards each other. Below the track, two boxes labeled "ก่อนชน" (Before Collision) and "หลังชน" (After Collision) are shown. Below these are four rows of text for calculations:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 5

Diagram illustrating a collision scenario on a horizontal beam. The beam has four masses labeled m_1 , m_2 , m_3 , and m_4 from left to right. The diagram is divided into two sections: "ก่อนชน" (Before Collision) and "หลังชน" (After Collision).

Calculations for the system:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 6

Diagram illustrating a collision scenario on a horizontal surface. Four masses, m_1 , m_2 , m_3 , and m_4 , are shown. The diagram is divided into two sections: "ก่อนชน" (Before collision) and "หลังชน" (After collision).

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 7

Diagram illustrating a collision scenario on a horizontal beam. The beam is supported by a central pivot. Four masses, m_1 , m_2 , m_3 , and m_4 , are positioned on the beam. The left side is labeled "ก่อนชน" (Before Collision) and the right side is labeled "หลังชน" (After Collision).

Calculations for the collision:

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

กรณีที่ 8.

Diagram showing a horizontal beam with four masses m_1 , m_2 , m_3 , and m_4 positioned above it. The beam is divided into two sections: "ก่อนชน" (Before Collision) and "หลังชน" (After Collision).

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... หน่วย.....

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... หน่วย.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... หน่วย.....

.....

.....

.....

.....

อธิบายผลและสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

(เฉลย) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ตอนที่ 1 การทำนายการชนกันของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำนายรูปแบบการชนที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปประกอบ

1. เมื่อวัตถุสองก้อนเคลื่อนที่เข้าหากัน ปรากฏว่าหลังจากการชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกัน
ไป

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

2. เมื่อมีวัตถุก้อนหนึ่งเกิดการระเบิดและทำให้หลังการระเบิดเกิดแยกเป็นสองส่วนที่มีมวลเท่ากัน

คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

สรุปผลการทำนาย

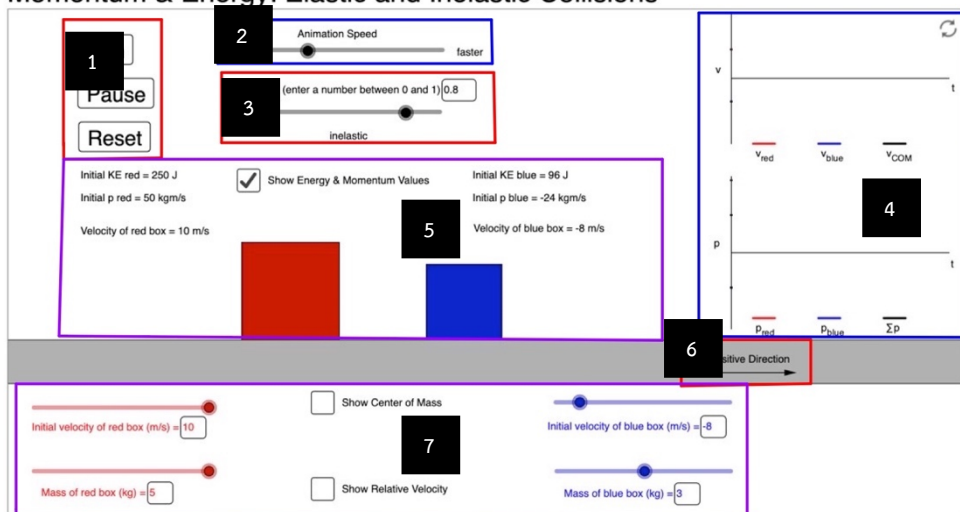
คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

ตอนที่ 2 การทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วศึกษาการทดลองการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ผ่าน simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions พร้อมบันทึกผลการทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลง โมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชน พร้อมวาดรูปและอธิบายแนวคิดของตัวเอง

หลักการ ใช้ simulation Ophysics :Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collision

Momentum & Energy: Elastic and Inelastic Collisions



หมายเลข 1 แถบปุ่มเริ่มต้น (Run) ปุ่มหยุดชั่วคราว (Pause) และปุ่มล้างข้อมูล (Reset)

หมายเลข 2 แถบเลื่อนขนาดความเร็วของ Animation

หมายเลข 3 แถบเลื่อนขนาดความยืดหยุ่นของการชน

Elasticity = 0 คือ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (totally inelastic)

Elasticity = 1 คือ การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ (perfectly elastic)

หมายเลข 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับเวลา ของวัตถุทั้งสองก้อนและของระบบ

หมายเลข 5 แสดงลักษณะการชนกันของวัตถุ ค่าความเร็ว ค่าพลังงานจลน์ ค่าโมเมนตัม ของวัตถุแต่ละก้อนทั้งก่อนและหลังชน

หมายเลข 6 แสดงการกำหนดเครื่องหมายในการเคลื่อนที่ของการทดลองนี้

หมายเลข 7 แถบเลื่อนเพื่อกำหนดค่ามวล ค่าความเร็วของวัตถุทั้งสองก้อน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะและรูปแบบการชนแบบต่าง ๆ ผ่าน simulation Ophysics
2. เพื่อศึกษาอธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่จะเกิดขึ้นก่อนและหลังชนในการชนรูปแบบไม่ยืดหยุ่น

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนกำหนดค่า Elasticity = 0 (totally inelastic)
2. นักเรียนทดลองโดยกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นของมวลตามตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กด RUN เพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุ พร้อมวาดรูปประกอบ
4. คำนวณและการเปรียบเทียบพลังงานจลน์และโมเมนตัมก่อนและหลังชนของมวลแต่ละก้อน
5. สรุปและอธิบายผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

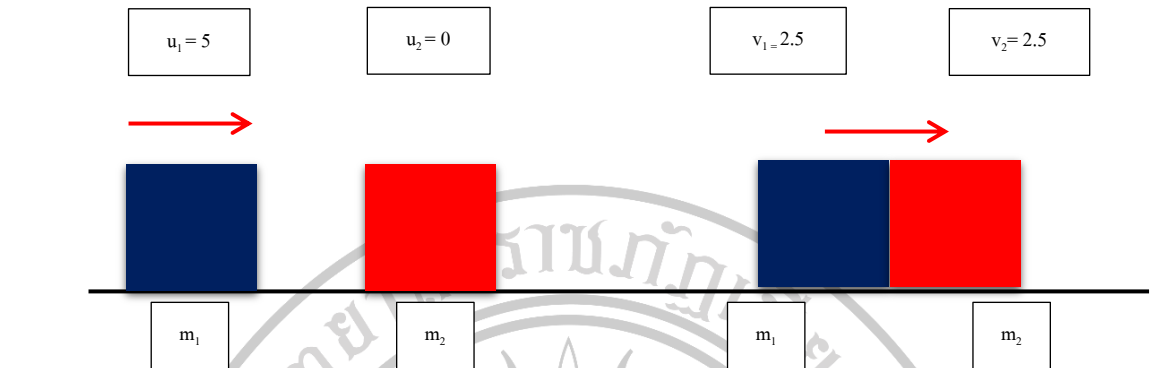
1.1 กรณีมวลเท่ากัน

กำหนดให้ : มวลแต่ละก้อนหนัก 5 kg

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s....		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลังชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2
1	5	0	2.5	2.5	62.5	0	15.625	15.625	25	0	12.5	12.5
2	5	-4	0.5	0.5	62.5	40	0.625	0.625	25	-20	2.5	2.5
3	5	-5	0	0	62.5	62.5	0	0	25	-25	0	0
4	5	-8	-1.5	-1.5	62.5	160	5.625	5.625	25	-40	-7.5	-7.5
5	5	-10	-2.5	-2.5	62.5	250	15.625	15.625	25	-50	-12.5	-12.5

อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และ โมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีศึกษาที่ 1 แนวการตอบ



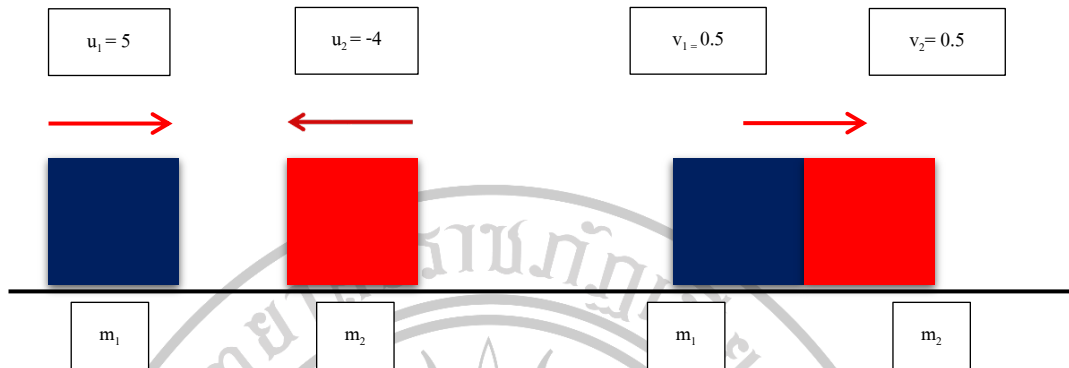
พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 62.5 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 31.25 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 2 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 25 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากันโดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 2. **แนวการตอบ**

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ...102.5.....หน่วย.....J.....

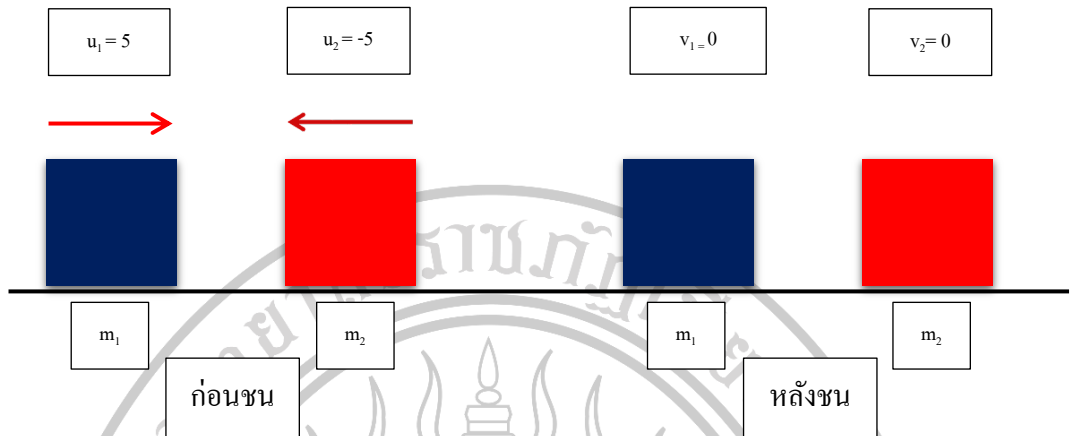
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ...1.2.....หน่วย.....J.....

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ...5.....หน่วย.....kg.m/s.....

โมเมนตัมรวมหลังชน = ...5.....หน่วย.....kg.m/s.....

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากันโดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 3. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 125 หน่วย J

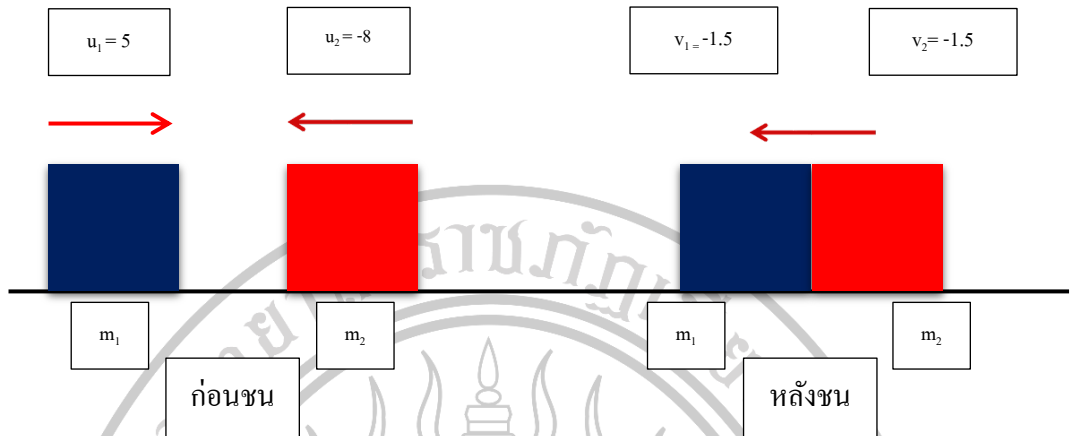
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 0 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 0 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 0 หน่วย kg.m/s

หลังชนวัตถุทั้งสองก้อนหยุดเคลื่อนที่ พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วน โมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน และมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากหลังชนวัตถุทั้งสองก้อนหยุดเคลื่อนที่หลังชน

กรณี 4. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 222.5 หน่วย J

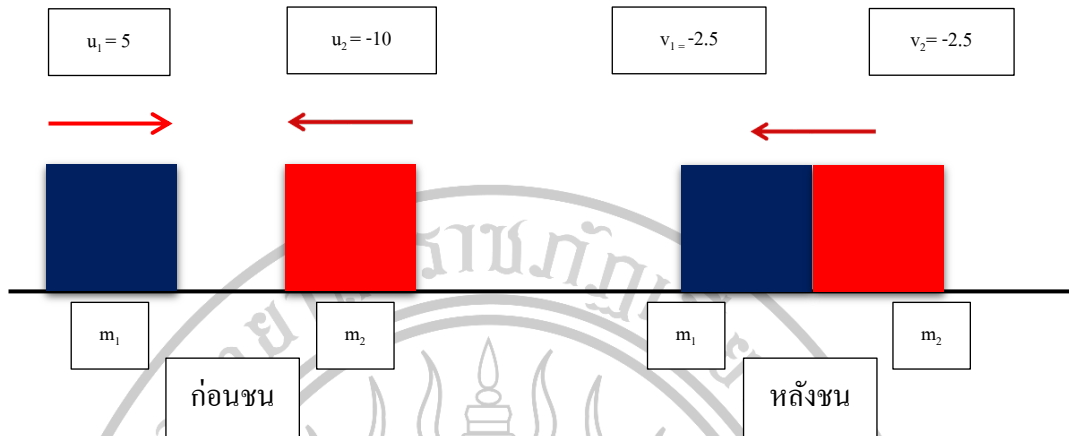
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 11.2 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... -15 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... -15 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 5 แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 312.5 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 31.25 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... -25 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... -25 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

1.2 กรณีมวลไม่เท่ากัน

กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 1 (M_1) = ...5.....หน่วย.....kg.....

มวลก้อนที่ 2 (M_2) = ...3.....หน่วย.....kg.....

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s...		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลังชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2
1	5	0	3.125	3.125	62.5	0	24.414	14.648	25	0	15.625	9.375
2	5	-4	1.625	1.625	62.5	24	6.602	3.961	25	-12	8.125	4.875
3	5	-5	1.25	1.25	62.5	37.5	3.906	2.344	25	-15	6.25	3.75
4	5	-8	0.125	0.125	62.5	96	0.039	0.023	25	-24	0.625	0.375

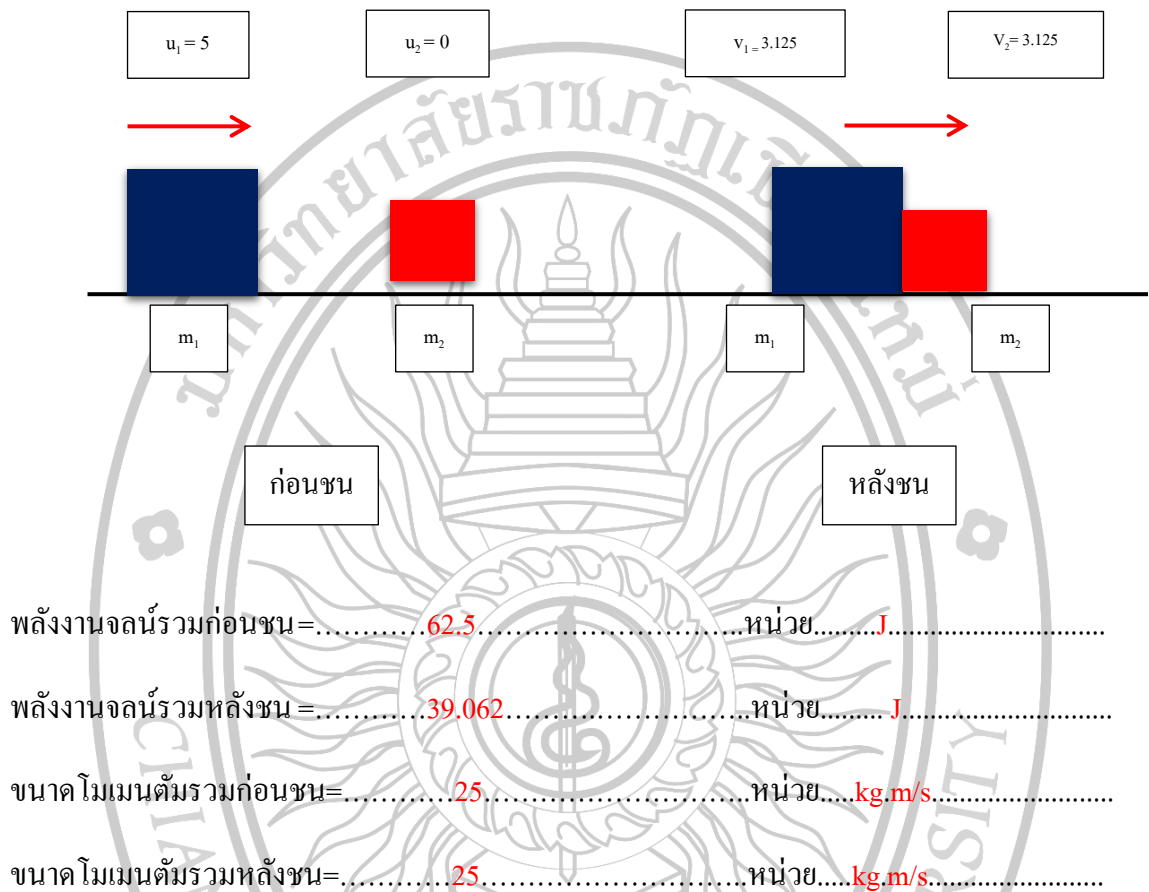
กำหนดให้ : มวลก้อนที่ 3 (M_3) = ...3.....หน่วย.....kg.....

มวลก้อนที่ 4 (M_4) = ...5.....หน่วย.....kg.....

กรณี	ความเร็ว ก่อนชน หน่วย m/s		ความเร็ว หลังชน หน่วย... m/s...		พลังงาน จลน์ ก่อนชน หน่วย..... J.....		พลังงาน จลน์หลังชน หน่วย..... J.....		โมเมนตัม ก่อนชน หน่วย..kg m/s..		โมเมนตัม หลังชน หน่วย. kg m/s.	
	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4	M_3	M_4
5	5	0	1.875	1.875	37.5	0	5.273	8.789	15	0	5.625	9.375
6	5	-4	-0.625	-0.625	37.5	40	0.586	0.977	15	-20	-1.875	-3.125
7	5	-5	-1.25	-1.25	37.5	62.5	2.344	3.906	15	-25	-3.75	-6.25
8	5	-8	-3.125	-3.125	37.5	160	14.648	24.414	15	-40	-9.375	-15.625

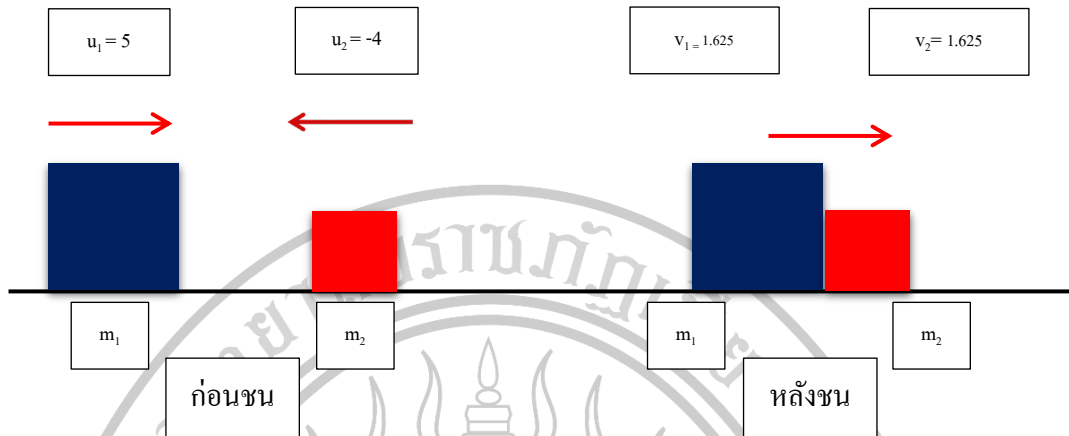
อธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุพร้อมวาดรูปประกอบ พร้อมอธิบาย เปรียบเทียบ พลังงานจลน์
รวมก่อนและหลังชน และโมเมนตัมรวมก่อนและหลังชน

กรณีที่ 1 **แนวการตอบ**



หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวม
ก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวม
หลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 2. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 86.5 หน่วย J

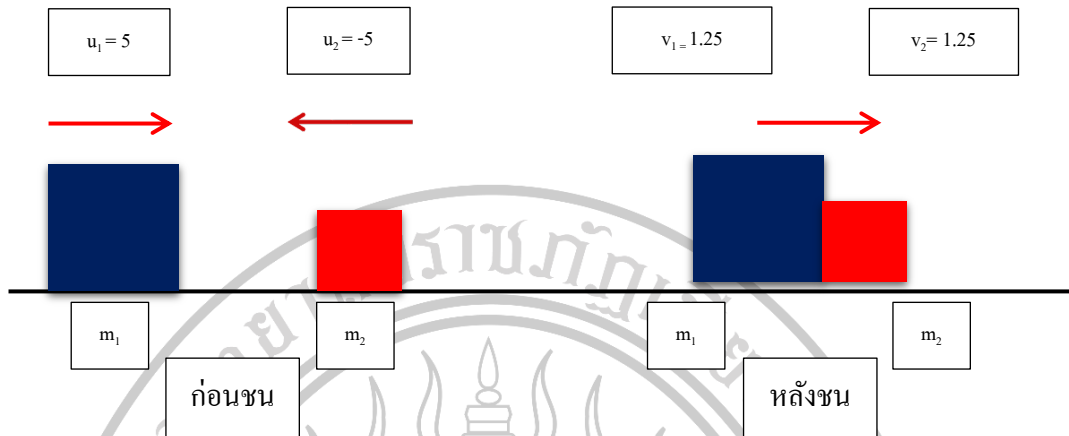
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 10.563 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 13 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 13 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 3. แนวการตอบ



พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 100 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 6.25 หน่วย J

ขนาดโมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 1 หน่วย kg.m/s.

ขนาดโมเมนตัมรวมหลังชน = ... 10 หน่วย kg.m/s.

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากันโดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 4. แนวการตอบ

ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 158.5 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 0.06 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 1 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 1 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 5 แนวการตอบ

ก่อนชน

หลังชน

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 37.5 หน่วย J

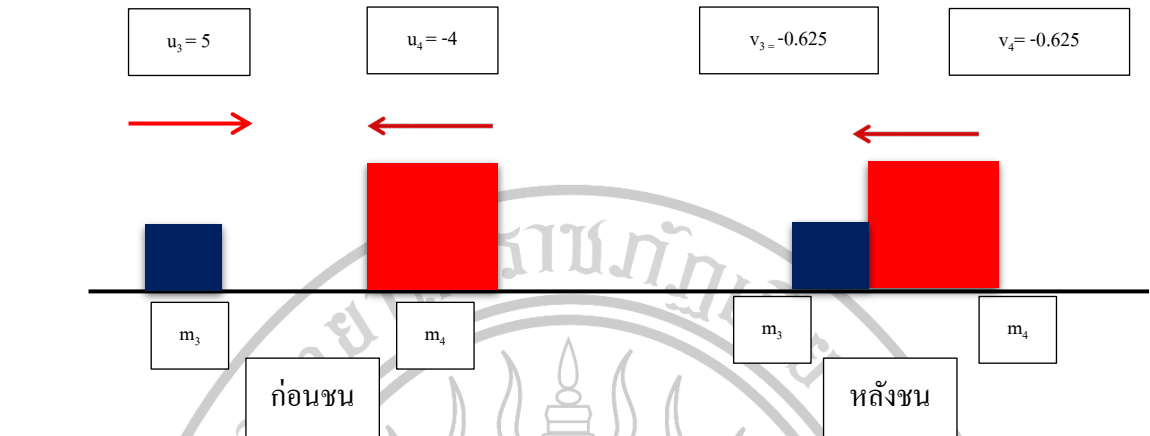
พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 14.062 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... 15 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... 15 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีศึกษาที่ 6 แนวการตอบ



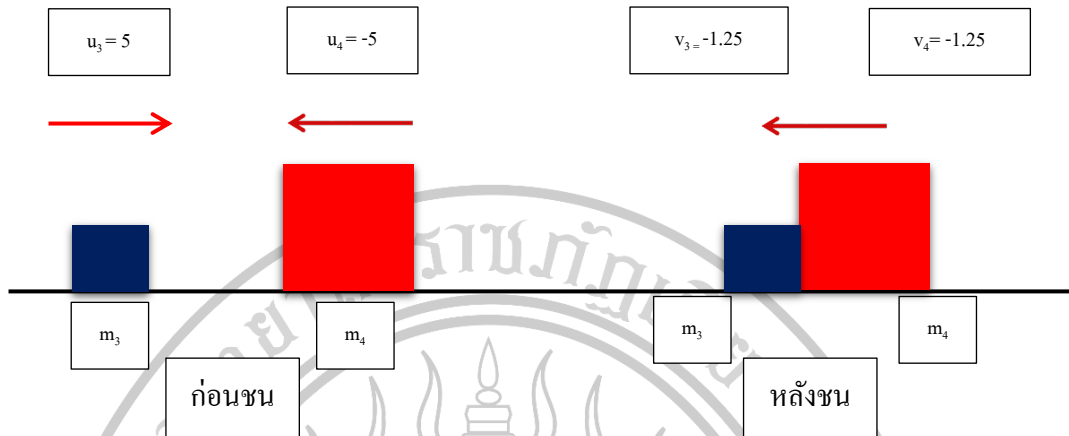
พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 77.5 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 1.563 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... -5 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... -5 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

กรณีที่ 7 **แนวการตอบ**

พลังงานจลน์รวมก่อนชน = ... 100 หน่วย J

พลังงานจลน์รวมหลังชน = ... 6.25 หน่วย J

โมเมนตัมรวมก่อนชน = ... -10 หน่วย kg.m/s

โมเมนตัมรวมหลังชน = ... -10 หน่วย kg.m/s

หลังชนมวลก้อนทั้งสองก้อนเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน พลังงานจลน์รวมก่อนชนและหลังชนมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์รวมก่อนชนมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์รวมหลังชน ส่วนโมเมนตัมรวมก่อนชนและหลังชนที่ค่าเท่ากัน

2. แบบทดสอบประเมินความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงหาโมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

แนวการตอบ

โมเมนตัม เท่ากับ 1.5×10^5 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

2. การดล และ แรงดล แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

แนวการตอบ

แตกต่างกัน การดลคือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ส่วนแรงดลคืออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

3. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที โดยเคลื่อนที่ไปชนกับกำแพงหลังจากชนวัตถุจะสะท้อนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม โดยใช้เวลาที่วัตถุชนกับกำแพงเท่ากับ 0.2 วินาที จงหาการดลและแรงดล

แนวการตอบ

การดล กำหนดให้

ทิศความเร็วของวัตถุเข้าหากำแพงมีเครื่องหมาย -

ทิศความเร็วของวัตถุออกจากกำแพงมีเครื่องหมาย +

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

$$\Delta \vec{p} = (4)(8) - (4)(-8) = 64 \text{ kg m/s}$$

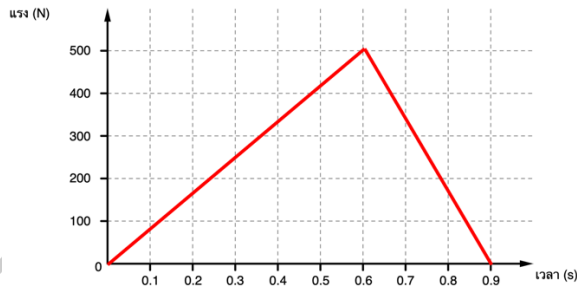
การดลเท่ากับ 64 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที ในทิศทางออกกำแพง

แรงดล. $F = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ N}$

แรงดลเท่ากับ 320 นิวตัน ในทิศทางออกกำแพง

4. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา

ดังรูป



จงหาพื้นที่ใต้กราฟ และค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวแทนค่าของปริมาณใด

แนวการตอบ

$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ} = \frac{1}{2} \times 500 \times 0.9 = 225 \text{ Ns}$$

และค่าพื้นที่ใต้กราฟแทนค่า การดล

5. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบของวัตถุทั้งสองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวการตอบ

โมเมนตัมของระบบมวลทั้งสองคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เพราะการชนไม่มีแรงภายนอกกระทำ แรงที่เกิดจากการชนเป็นแรงภายในซึ่งแรงลัพธ์ของแรงภายในมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

6. ลูกหินทรงกลมมวล $2m$ ชนกระทกลางพื้นด้วยขนาดความเร็วตามแนวดิ่ง v เกิดการดีดตัวแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนละเท่ากัน ส่วนหนึ่งมีขนาดความเร็ว v ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น อีกส่วนเคลื่อนที่ลงด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

แนวการตอบ

กำหนดให้

ทิศความเร็วของวัตถุในทิศขึ้นมีเครื่องหมาย +

ทิศความเร็วของวัตถุในทิศลงมีเครื่องหมาย -

$$\begin{aligned} p_i &= p_f \\ -2mv &= mv + mv_f \\ v_f &= -3v \end{aligned}$$

7. การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวการตอบ

การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นมีโมเมนตัมของระบบคงตัวหรือเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเหมือนกัน แต่การชนแบบยืดหยุ่น มีการอนุรักษ์พลังงานจลน์ของระบบ ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่มีการอนุรักษ์พลังงานจลน์

8. การเคลื่อนที่เข้าชนกันของวัตถุ 2 ก้อน พบว่าหลังชนวัตถุทั้ง 2 แยกออกจากกัน การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวการตอบ

ไม่เสมอไป เพราะจะต้องพิจารณาว่าพลังงานจลน์ของระบบอนุรักษ์หรือไม่ ถ้าพลังงานจลน์ของระบบอนุรักษ์แสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น แต่ถ้าพลังงานจลน์ของระบบไม่อนุรักษ์ แสดงว่าการชนนี้เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

9. การชนกันของวัตถุแล้วหลังชนพบว่าวัตถุติดกันไปเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น เพราะเหตุใด

แนวการตอบ

เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เพราะมีการสูญเสียพลังงานจลน์หลังชน ทำให้พลังงานจลน์ไม่อนุรักษ์

10. รถทดลอง A มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางด้านขวาด้วยความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เข้าชนในแนวตรงกับรถทดลอง B มวล 0.5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที หลังชนรถทดลอง A มีความเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา รถทดลอง B มีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที ไปทางด้านขวา การชนในครั้งนี้เป็นการชนแบบใด เพราะเหตุใด

แนวการตอบ

เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากพลังงานจลน์รวมของระบบเปลี่ยนแปลงไม่อนุรักษ์

$$\begin{aligned}
 E_{k\text{ก่อนชน}} &= \frac{1}{2}m_A u_A^2 + \frac{1}{2}m_B u_B^2 \\
 E_{k\text{ก่อนชน}} &= \frac{1}{2}(1)(1.2)^2 + \frac{1}{2}(0.5)(1)^2 \\
 E_{k\text{ก่อนชน}} &= 0.72 + 0.25 = 0.97 \text{ J} \\
 E_{k\text{หลังชน}} &= \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \\
 E_{k\text{หลังชน}} &= \frac{1}{2}(1)(0.6)^2 + \frac{1}{2}(0.5)(0.8)^2 \\
 E_{k\text{หลังชน}} &= 0.18 + 0.16 = 0.34 \text{ J}
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก จ

หนังสือรับรองจริยธรรมในการวิจัย

COA No. 309/2023



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Institutional Review Board, Chiang Mai Rajabhat University
หนังสือรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
(Certificate of Approval)

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาเข้าข่ายการพิจารณา แบบเร่งรัด และการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมายข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

This research has been considered as an Expedited Review and conducted in accordance with international ethical principles. As well as national laws, regulations and regulations. It is deemed appropriate to conduct research in accordance with this research proposal.

ชื่อโครงการ : การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปลาย

Study Title : Using Predict-Observe-Explain Learning Model Combined with Interactive Simulation to Enhance Secondary High School Students' Scientific Understanding on Momentum and Collisions

รหัสโครงการ (Project Code) : IRBCMRU 2023/309.18.09

หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย :

นายศราวุธ ปุดมาเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Head of the Project and Co-Researcher :

MR. Sarawut Pudmale Faculty of Science and Technology Chiang Mai Rajabhat University

(อาจารย์ ดร.อัคราสี บุนsongthae)
(Dr. Akharasit Bunsongthae)

ประธานคณะกรรมการประจำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chairman the Institutional Review Board, Chiang Mai Rajabhat University

วันที่ 16 ตุลาคม 2566
October 16, 2023



หมายเลขรับรอง (Certificate Number) : IRBCMRU 2023/309.18.09

วันที่ให้การรับรอง : 16 ตุลาคม 2566
Date of Approval : October 16, 2023

วันหมดอายุใบรับรอง : 15 ตุลาคม 2567
Expiration Date : October 15, 2024

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล	นายศราวุธ ปุดmale
วัน เดือน ปีเกิด	1 ธันวาคม 2533
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 219/7 ตำบล ท่าวังตาล อำเภอ สารภี จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50140
อีเมลแอดเดรส	s.pudmale@varee.ac.th
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2564-ปัจจุบัน หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) สถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พ.ศ. 2557-2559 หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2552-2556 หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์ สถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน ตำแหน่ง ครูผู้สอน สังกัด / หน่วยงาน โรงเรียนวาริชเชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่ พ.ศ. 2556 – 2557 ตำแหน่ง ครูผู้สอน สังกัด / หน่วยงาน โรงเรียนวชิรวิทย์เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่