# การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิทยานิพนธ์

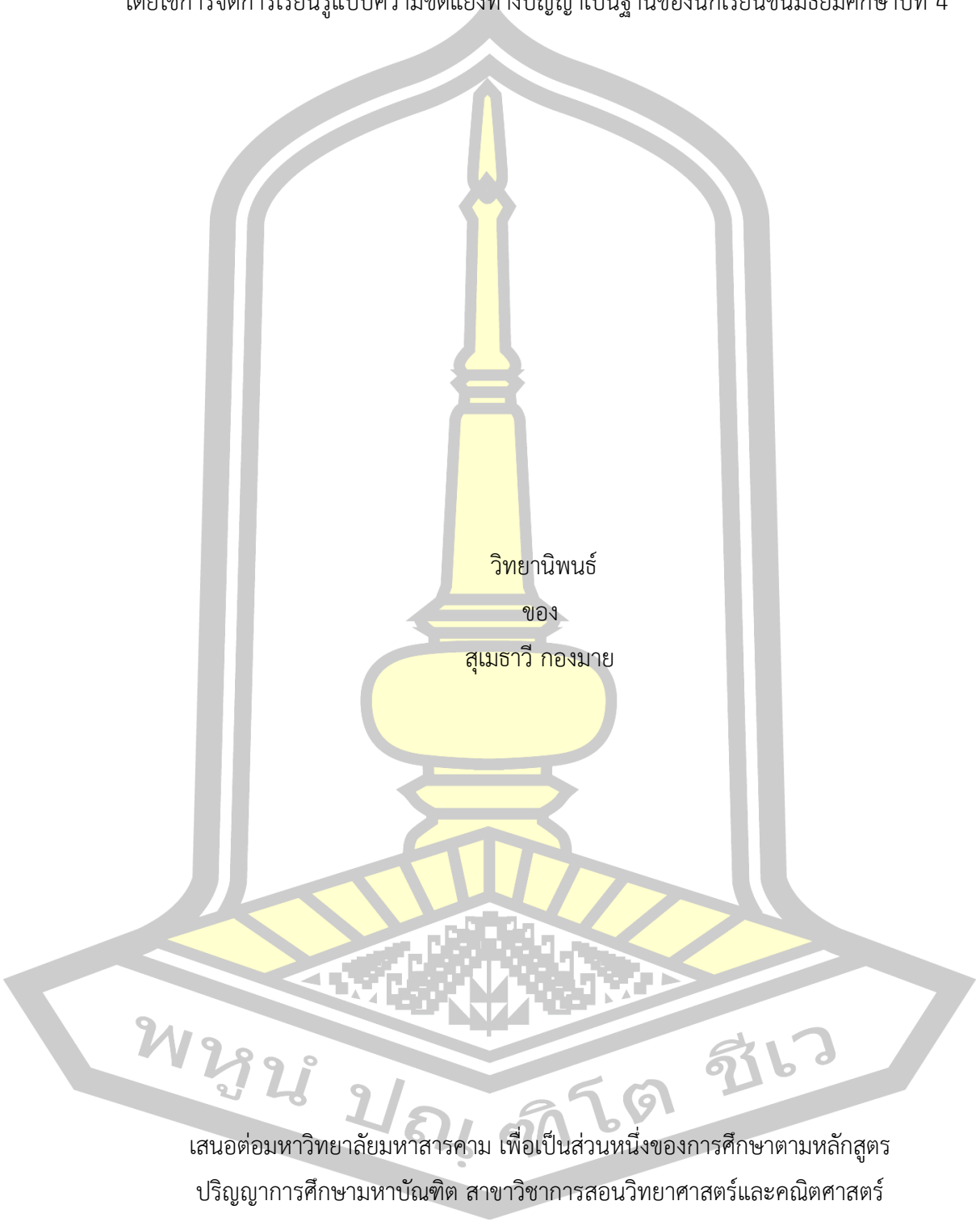
ของ

สุเมธาวี กองมาย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



วิทยานิพนธ์

ของ

สุเมธาวี กองมาย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# The Development of Scientific Concepts and Learning Achievement on Momentum and Collisions Using Cognitive Conflict-Based Learning (CCBL) for Grade 10 Students

Sumethawee Kongmai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

May 2025

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวสุเมธาวี กองมาย แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร )

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ )

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. สมทรง สิทธิ )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง )
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เชาวรัตน์ )
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺฑิโต ธีโร

**ชื่อเรื่อง** การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

**ผู้วิจัย** สุเมธาวี กองมาย

**อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร

**ปริญญา** การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

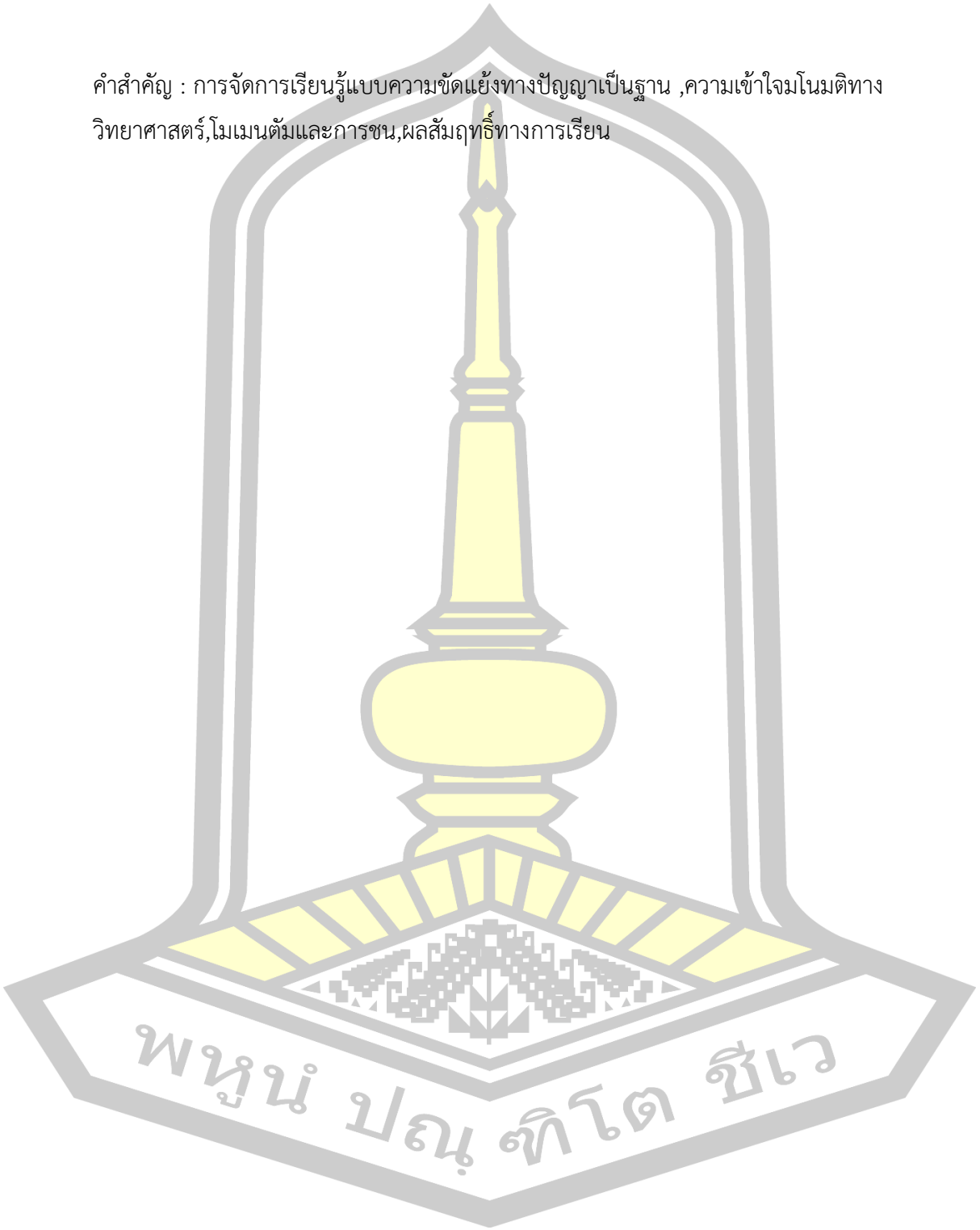
**มหาวิทยาลัย** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2568

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เรื่องโมเมนตัมและการชน ในรายวิชาฟิสิกส์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive Conflict-Based Learning: CCBL) งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ใช้รูปแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบหลังเรียน (One-Group Posttest-Only Design) โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ รวม 10 ชั่วโมง 2) แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็น 2-Teir ประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งมีคำตอบที่ถูกที่สุด 1 คำตอบและส่วนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยเป็นส่วนที่ให้แสดงเหตุผลในการเลือกคำตอบ โดยแบบวัดมีจำนวน 7 ข้อ ตามมโนมติย่อย คือ โมเมนตัม,แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม,การดลและแรงดล,กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม,การชนแบบยืดหยุ่น,การชนแบบไม่ยืดหยุ่น,การดีดตัวแยกจากกันหรือการระเบิด 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกที่สุด 1 คำตอบ จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test for One Sample ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ ขณะที่นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08 ยังมีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน นอกจากนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ,ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์,โมเมนตัมและการชน,ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



**TITLE** The Development of Scientific Concepts and Learning Achievement on Momentum and Collisions Using Cognitive Conflict-Based Learning (CCBL) for Grade 10 Students

**AUTHOR** Sumethawee Kongmai

**ADVISORS** Associate Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.

**DEGREE** Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

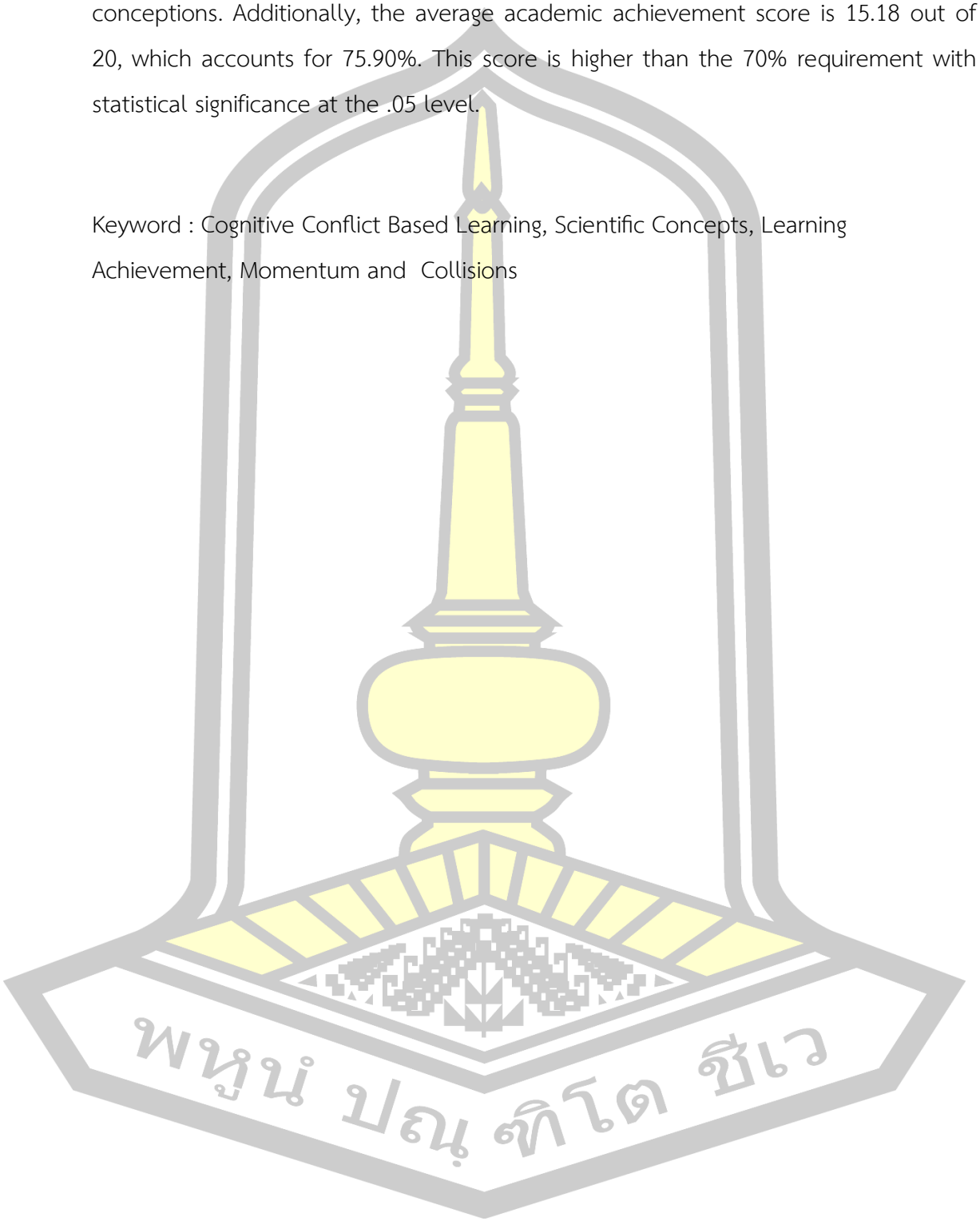
**UNIVERSITY** Mahasarakham University **YEAR** 2025

## ABSTRACT

This research aimed to 1) develop students' scientific concept understanding to reach either a partial understanding (PU) or complete understanding (CU), and 2) compare students' academic achievement with the criterion of 70 percent of the full score on the topic of momentum and collisions in a physics course, using the Cognitive Conflict-Based Learning (CCBL) approach. This study uses a one-group posttest-only design, a type of pre-experimental research design. The research instruments included: 1) a Cognitive Conflict-Based Learning lesson plan on momentum and collisions, which consisted of seven learning lesson plans conducted over a total of 10 hours; 2) a two-tier scientific conceptual understanding test, comprising two parts—Part 1 featured multiple-choice questions with four options and one correct answer, while Part 2 included open-ended questions requiring students to justify their selected responses. The test contained seven items covering the sub-concepts of momentum, force and momentum change, impulse and impulsive force, the law of conservation of momentum, elastic collisions, inelastic collisions, and explosion; and 3) an academic achievement test, which consisted of 20 multiple-choice questions with four options and one correct answer. Data analysis employs mean, percentage, standard deviation, and a t-test for one sample. The study subjects are 39 Grade 10 students. The findings indicate that 30 students, or 76.92%, have partial or complete understanding, while 9

students, or 23.08%, still hold some partial understanding with specific alternative conceptions. Additionally, the average academic achievement score is 15.18 out of 20, which accounts for 75.90%. This score is higher than the 70% requirement with statistical significance at the .05 level.

Keyword : Cognitive Conflict Based Learning, Scientific Concepts, Learning Achievement, Momentum and Collisions



# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่เสียสละเวลาอันมีค่าตรวจทาน ให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้โอกาสและประสบการณ์ที่ดีเสมอมา ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ประธานกรรมการ ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมทรง สิทธิ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำแนะนำและข้อปรับปรุงเพื่อให้เกิดการพัฒนาแก้ไขให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงาน และรู้ถึงคุณค่าของงานที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในอนาคตต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ความรู้คำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งนี้ ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนในการเรียนระดับปริญญาโทจนทำให้เกิดงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยที่ให้กำลังใจทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณตาคุณยาย และเพื่อนๆ น้องๆของผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ให้การช่วยเหลือตลอดมา ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่คอยอบรมสั่งสอน ชี้นำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดจนมีคุณธรรม จริยธรรม เพื่อนำทางชีวิตให้ไปสู่ความสำเร็จในอนาคต

สุเมธาวี กองมาย

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 ..... 1

บทนำ ..... 1

ภูมิหลัง ..... 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย ..... 5

ความสำคัญของการวิจัย ..... 5

ขอบเขตของการวิจัย ..... 5

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 6

บทที่ 2 ..... 9

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ..... 10

การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ..... 25

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ..... 39

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ..... 53

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 70

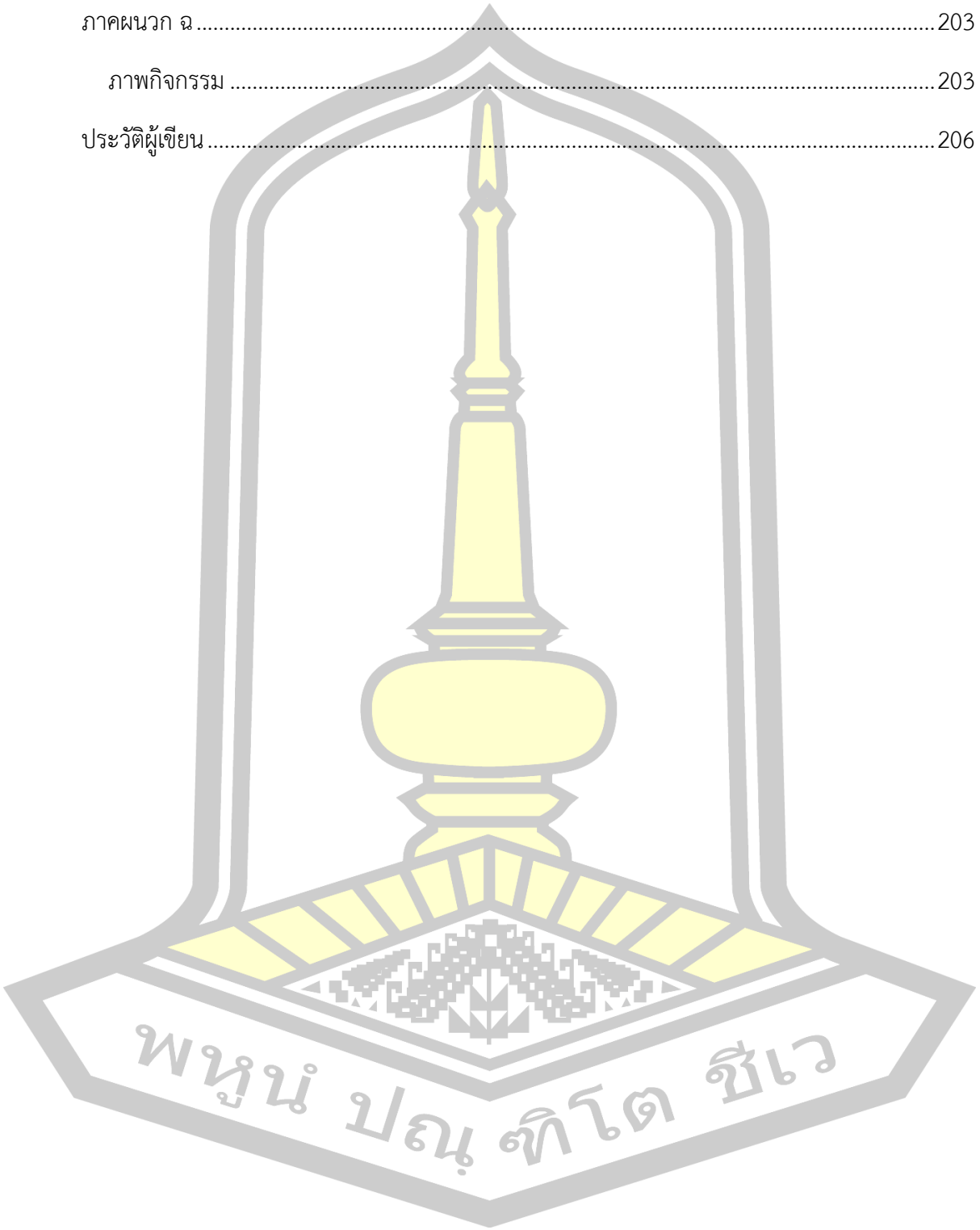
กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 80
บทที่ 3 ..... 81
วิธีดำเนินการวิจัย ..... 81
บทที่ 4 ..... 110
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 110
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 110
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 111
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 111
บทที่ 5 ..... 142
สรุปผลอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ..... 142
ความมุ่งหมายของวิจัย ..... 142
สรุปผล ..... 142
อภิปรายผล ..... 143
ข้อเสนอแนะ ..... 148
บรรณานุกรม ..... 160
ภาคผนวก ก ..... 161
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ..... 162
ภาคผนวก ข ..... 166
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ..... 167
ภาคผนวก ค ..... 188
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ..... 188
ภาคผนวก ง ..... 192
การประเมินคุณภาพของเครื่องมือ ..... 192
ภาคผนวก จ ..... 201

ผลการตรวจคะแนน ..... 201

ภาคผนวก ฉ ..... 203

ภาพกิจกรรม ..... 203

ประวัติผู้เขียน ..... 206



# สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ 2) (ว31102) ..... 17

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดย Mungsing (1993) ..... 42

ตารางที่ 3 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดย Mufit et al. (2020)..... 44

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชา ฟิสิกส์ ..... 46

ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design..... 81

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียน ..... 84

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ..... 96

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ..... 100

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ ..... 111

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายมโนมติ 112

ตารางที่ 11 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม ..... 114

ตารางที่ 12 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม ..... 118

ตารางที่ 13 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงดลและการดล ..... 121

ตารางที่ 14 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ..... 125

ตารางที่ 15 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น ..... 129

ตารางที่ 16 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ..... 133

ตารางที่ 17 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ..... 137

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ..... 141

ตารางที่ 19 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ..... 193

ตารางที่ 20 สรุปผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบอาศัยความขัดแย้งเป็นฐานของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน ..... 195

ตารางที่ 21 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 196

ตารางที่ 22 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ..... 196

ตารางที่ 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ..... 197

ตารางที่ 24 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 198

ตารางที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ..... 199

ตารางที่ 26 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ..... 202

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# สารบัญรูปภาพ

**หน้า**

ภาพที่ 1 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)..... 116

ภาพที่ 2 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1) ..... 116

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1) ..... 117

ภาพที่ 4 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)..... 119

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2) ..... 120

ภาพที่ 6 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2) ..... 120

ภาพที่ 7 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)..... 122

ภาพที่ 8 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3) ..... 123

ภาพที่ 9 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3) ..... 124

ภาพที่ 10 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) ..... 126

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) 127

ภาพที่ 12 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ใน กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) 128

ภาพที่ 13 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) ..... 130

ภาพที่ 14 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) 131

ภาพที่ 15 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) 132

ภาพที่ 16 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) ..... 134

ภาพที่ 17 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) 135

ภาพที่ 18 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) 136

ภาพที่ 19 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) ..... 138

ภาพที่ 20 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) 139

ภาพที่ 21 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) 140

ภาพที่ 22 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ..... 205

# บทที่ 1

# บทนำ

## ภูมิหลัง

ในศตวรรษที่ 21 โลกของการเรียนรู้ถูกยกระดับให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่รวดเร็ว ส่งผลให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนทุกคน โดยวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เป็นสาขาความรู้เฉพาะกลุ่ม แต่ยังมีบทบาทในการสร้างวัฒนธรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ในสังคมโลกสมัยใหม่ การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่เพียงช่วยพัฒนาความรู้ แต่ยังสร้างเจตคติที่ดีแก่ผู้เรียน ด้วยการสร้างความกระหายที่จะเรียนรู้ (Active Learning) และพัฒนาแนวคิดที่มุ่งเน้นการเติบโต (Growth Mindset) การกระตุ้นให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งสำคัญ เพราะการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับโลกและธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นพื้นฐานของการเข้าใจปรากฏการณ์รอบตัว ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรม เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ตอบสนองความต้องการในโลกยุคใหม่ที่ไม่หยุดนิ่ง วิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างสังคมที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี ในการแข่งขันในระดับสากล (OECD, 2022) ชี้ให้เห็นว่าการที่นักเรียนจะเข้าใจ ในหลักการและทฤษฎีพื้นฐาน ขอบเขตธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์นั้น จะต้องเน้นการสอนที่ให้นักเรียนเกิดมโนมติในเรื่องนั้นๆ การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ในระดับสูง และสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็ว โดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ในยุโรปและอเมริกาได้ยึดถือกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือการเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง(Constructivism) (นินานท์ จันทร์สูรย์และนวศิษฏ์ รักษ์บำรุง,2561) ซึ่งการเรียนรู้มโนมติ จะช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความรอบรู้เกี่ยวกับกฎเกณฑ์และเนื้อหาวิชาต่างๆ มโนมติวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆได้อย่างเป็นระบบ การเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการคิดเชิงวิพากษ์ และสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ที่เป็นระบบและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติภายใต้โครงการ Programme for International Student Assessment (PISA) ในปี 2022 คะแนนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ที่ 409 คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศสมาชิก OECD ซึ่งอยู่ที่ 485 คะแนน นอกจากนี้นักเรียนไทยที่มีทักษะทางวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐานหรือสูงกว่ามีเพียง 47% ในขณะที่ประเทศ

พัฒนาแล้วมีสูงถึง 76% (OECD, 2022) ซึ่งสะท้อนปัญหาว่านักเรียนไทยยังขาดความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ

ข้อมูลจากการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนไทยในระดับชาติ (O-NET) พบว่าคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 อย่างต่อเนื่องในปีการศึกษา 2564–2566 ทั้งในระดับประเทศและโรงเรียนสารคามพิทยาคม โดยเฉพาะในระดับชั้น ม.6 ที่มีคะแนนเฉลี่ย O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 34.69, 33.79 และ 37.77 และจากรายงานผลการประเมินตนเองประจำปีการศึกษา 2566 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสารคามพิทยาคม โดยรวมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาซึ่งได้กำหนดให้นักเรียนต้องมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป (รายงานผลการประเมินตนเอง Self Assessment Report : SAR โรงเรียนสารคามพิทยาคม,2566) จากประสบการณ์สอนของผู้วิจัย พบว่าการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ นักเรียนมักจะเรียนรู้ด้วยการท่องจำสูตรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ทราบที่มาหรือแนวคิดหลักของสูตรหรือสัญลักษณ์ และไม่สามารถตอบคำถามหรืออธิบายหลักการในเนื้อหาวิชาได้ และมักตอบคำถามโดยอ้างอิงจากประสบการณ์ส่วนตัวมากกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยปัญหานี้พบได้ในนักเรียนหลากหลายกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายยังไม่บรรลุเป้าหมายในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และความเข้าใจเชิงแนวคิดของนักเรียนและเมื่อพิจารณาข้อสอบกลางภาคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งลักษณะของข้อคำถามเน้นให้ตอบโดยการเชื่อมโยงแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ ตัวอย่างเช่น การอธิบายหลักการของแรงและการเคลื่อนที่โดยให้แสดงความเข้าใจผ่านการวิเคราะห์กราฟหรือแยกแยะความแตกต่างระหว่างความเร็วและความเร่ง หรือสามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเพื่ออธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ โดยผลคะแนนการสอบกลางภาคของนักเรียนจำนวน 80 คน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน พบว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 8.458 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.290 ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (โรงเรียนสารคามพิทยาคม,2567) ชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังไม่สามารถเข้าใจในบทเรียนเนื่องจากนักเรียนใช้วิธีการท่องจำสูตรและสมการมากกว่าการทำความเข้าใจเชิงลึก ปัญหานี้สะท้อนให้เห็นในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงได้นำเอาแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 8 ข้อ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง โดยปรับใช้จากกรอบแนวคิดแบบวัดของ Husnah et al. (2019) มีลักษณะเป็น 2-Teir ตามแนวคิดของ Treagust (1998) ประกอบด้วยข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก และข้อสอบอัตนัยที่ให้แสดงเหตุผลในการเลือกคำตอบ มาใช้เพื่อยืนยันปัญหาดังกล่าวกับนักเรียนจำนวน 40 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า ระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 23 คน (56.6 %) มีระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงสถานการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ยังขาดความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหากนักเรียนมีความเข้าใจ

มโนมติที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจทฤษฎีของปรากฏการณ์ต่างๆทางธรรมชาติ และไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างถูกต้อง จากความสำคัญของสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนควรที่จะเน้นกระบวนการเรียนรู้ควบคู่ไปพร้อมกับการได้รับความรู้ การเรียนรู้ด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนทราบถึงความรู้เดิมและเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในอนาคตต่อไป

งานวิจัยกล่าวถึงบทเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ว่าเป็นเนื้อหาที่นักเรียนมักประสบปัญหาในการเรียนรู้ เนื่องจากความสามารถในการเข้าใจแนวคิดของนักเรียนแตกต่างกัน โดยงานวิจัยของ Rosa et al. (2018) พบว่านักเรียน 40.18% มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดอย่างถูกต้อง แม้ว่าจะเคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน โดยอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากเนื้อหาที่เรียนไปแล้วไม่ได้เชื่อมโยงกับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่งผลต่อความเข้าใจเชิงลึกและการประยุกต์ใช้ในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น ซึ่ง Al Faizah and Aminah (2019) ยังพบว่านักเรียนมีปัญหาในการเชื่อมโยงสมการกับสถานการณ์จริง เช่น ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานจลน์ในการชน เกิดจากการไม่เชื่อมโยงทฤษฎีบทโมเมนตัมและการดลกับทฤษฎีบทงานและพลังงาน นอกจากนี้ ความรู้เดิมที่ได้รับจากครอบครัว เพื่อน ประสบการณ์เดิม และการคาดเดา ล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิด (Amira et al., 2023) ส่งผลให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

ผู้วิจัยจึงได้ค้นหาวิธีการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในการเรียนที่เพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันมีวิธีการสอนที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมเพื่อจะนำมาใช้แก้ปัญหา พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning : CCBL) เป็นกระบวนการเรียนรู้ในกลุ่มแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Akmam et al., 2018) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีการนี้ว่า ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่ซับซ้อนและพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ ได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้เกิดความรู้ที่ยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ระบุว่า ผู้เรียนควรค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง แปลงข้อมูลใหม่ให้สอดคล้องกับความรู้เดิม และแก้ไขความเข้าใจเมื่อพบว่าข้อมูลเดิมไม่ถูกต้อง (Al Tabany, 2014) โดย Defrianti et al. (2021) และ Mufit et al. (2022) ได้จัดการเรียนรู้ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

ร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง เพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียนเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ Mufit and Fauzan (2023) ได้ศึกษาจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้สามารถแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในทำนองเดียวกัน Widia et al. (2022) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนการสอนแบบขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานที่มีต่อผลการเรียนรู้ทางปัญญาของนักเรียน ซึ่งพบว่า ผลการเรียนรู้ทางปัญญาของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Mehboob et al. (2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ผลการศึกษาพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning : CCBL) จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อแนวคิดเดิมของผู้เรียนขัดแย้งกับข้อมูลใหม่ การปรับเปลี่ยนแนวคิดนี้จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและลึกซึ้งขึ้น (Akmam et al., 2022) แนวทางการเรียนรู้นี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการสอนแนวคิดที่ซับซ้อน เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม ทำให้นักเรียนต้องค้นหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่ลึกซึ้ง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น และนอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานยังกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาและปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น (Chow & Treagust, 2013) และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเพื่อสร้างสมดุลความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น (Akmam et al., 2018) ซึ่งจะสามารถส่งเสริมมโนมติวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับที่สูงขึ้นได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นโดยการนำการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานมาใช้ในจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองและสังคมต่อไป

**ความมุ่งหมายของการวิจัย**

1. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

**ความสำคัญของการวิจัย**

งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2. ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนปกติ สายการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ห้องเรียน รวม 320 คน โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัด มหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยแต่ละห้องมีจำนวนนักเรียนใกล้เคียงกัน จัดการเรียนการสอนภายใต้หลักสูตรและอยู่ในสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกัน ทั้งด้านครูผู้สอน ลักษณะการเรียนการสอนและเวลาเรียนรายวิชาฟิสิกส์

3. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 จำนวน 39 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ชั้นเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

4. ระยะเวลาทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

5. ตัวแปรที่ศึกษา

5.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning: CCBL) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างความรู้ด้วยการกระตุ้นนักเรียนจากสถานการณ์ ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือความขัดแย้งระหว่างความรู้หรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ ด้วยการทำกิจกรรมการทดลองและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เกิดการปรับปรุงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้ที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ (Activation of Preconception and Misconception) คือ ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์หรือสื่อ simulation โดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนนั้น พร้อมกับตั้งประเด็นคำถามจากสถานการณ์และให้นักเรียนตอบคำถามบนใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นนักเรียนให้ทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 2 การนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา (Presentation of Cognitive Conflict) คือ ครูนำเสนอสถานการณ์หรือการทดลอง และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งกับความรู้ความเข้าใจเดิม จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันตอบสมมติฐานลงในใบกิจกรรมเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นก่อนเริ่มทำกิจกรรมการทดลอง

ขั้นที่ 3 การค้นพบแนวคิดและสมการ (Discovery of concepts and Equations) คือ ครูจัดกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง โดยในระหว่างที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลองครูจะคอยกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อสรุปออกมาเป็นแนวคิด

ขั้นที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Reflection) คือ หลังจากการทำกิจกรรมการทดลอง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอผลการทดลอง หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม และนักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลลัพธ์ที่คล้ายหรือแตกต่างกันจากที่ได้รับในระหว่างการทำกิจกรรม ครูสามารถกระตุ้นด้วยประเด็นคำถามให้นักเรียนอภิปรายผลร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องพร้อมทั้งสรุปแนวคิดที่ถูกต้องลงไปในใบกิจกรรม

2. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Conceptual Understanding) หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการทางความคิด ความเข้าใจ สังเกตปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม แล้วนำมาประมวลสรุปผลเป็นข้อสรุปที่เห็นด้วยร่วมกัน ระดับความเข้าใจโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

เกณฑ์ความสอดคล้องกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน วัดประเมินผลโดยแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบเป็น 2 ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกที่สุด 1 คำตอบและส่วนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยเป็นส่วนที่ให้แสดงเหตุผลในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 ใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek (1991) ได้แก่

1) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ ให้ 4 คะแนน เช่น อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎี สมการที่ใช้ในการคำนวณ การแสดงวิธีคิด

2) กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 3 คะแนน

3) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูก แต่ส่วนการให้เหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบาย ให้ 2 คะแนน

4) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบปรนัยผิดและส่วนการให้เหตุผลของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 1 คะแนน

5) กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงข้อคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับมาซึ่งทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ในด้านของทักษะ ความรู้ ความสามารถ และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกจากตัวนักเรียนเอง ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ในงานวิจัยนี้จะศึกษาใน 4 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

# บทที่ 2

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning : CCBL) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน
3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)**

1.1. เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติ ของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5) เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะของการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งด้านความรู้ในเนื้อหาและกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการต่างๆ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลายเหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological Science) เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ (Earth and Space Science) เรียนรู้เกี่ยวกับ โลก และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยา และการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศ และการดำรงชีวิตของมนุษย์โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์เทคโนโลยี (Technology)

การออกแบบและเทคโนโลยี (Designing and Technology) เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ (Computing Science) เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและ การสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 คำอธิบายรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ 2) รหัสวิชา ว31102 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต ได้กำหนดคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

ศึกษาหลักการ งาน พลังงาน ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก แรงอนุรักษ์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โมเมนตัม การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ การดลแรงดล และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย ความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสาร

ในสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณ กำลังเฉลี่ย

2. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

3. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

4. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

5. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

6. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

7. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

8. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

9. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่ายรวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง

รวมทั้งหมด 10 ผลการเรียนรู้

จากการศึกษาผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ผู้วิจัยจึงนำเนื้อหาเรื่อง โมเมนตัมและการชน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เนื่องจากเป็นบทเรียนที่มีแนวคิดที่ซับซ้อน เช่น การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมระหว่างการชน การอนุรักษ์โมเมนตัม และความแตกต่างระหว่างการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น และการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามและทบทวนความเข้าใจเดิมของตนเอง การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สังเกต ทดลอง และวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการชน

1.3 ประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง โมเมนตัมและการชน

Pebriani (2024) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์แนวคิดที่กลายเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโมเมนตัมและการชน โดยแบ่งเป็นมโนมติย่อย 6 มโนมติ ดังนี้

มโนมติที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

พบว่ามีการเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องโมเมนตัม (Momentum) ใน 9 รูปแบบ การเข้าใจผิดที่พบมากที่สุดในนักเรียนคือ 75% ของบทความทั้ง 8 บทที่กล่าวถึงการเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดของโมเมนตัม โดยที่นักเรียนเข้าใจผิดว่าโมเมนตัมไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุ ทั้งที่ในความเป็นจริงปริมาณของโมเมนตัมขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุ (Anggraeni & Suliyanah, 2017) กล่าวว่าการเข้าใจผิดในแนวคิดของแรงผลักนี้เกิดจากการมีแนวคิดที่ผิดมาก่อนของนักเรียนเอง

1) โมเมนตัมเป็นปริมาณสเกลาร์ ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง

2) โมเมนตัมขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุโดยตรง

3) โมเมนตัมไม่ขึ้นอยู่กับความเร็ว ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมเป็นผลคูณของมวลและความเร็ว ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับความเร็วโดยตรง

4) โมเมนตัมไม่ขึ้นอยู่กับมวล ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมเป็นผลคูณของมวลและความเร็ว ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับมวลโดยตรง

5) โมเมนตัมคือแรงที่ขับเคลื่อน ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมไม่ใช่แรง แต่เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ

6) โมเมนตัมเป็นผลคูณของแรงและระยะทาง ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมเป็นผลคูณของมวลและความเร็ว ไม่ใช่แรงและระยะทาง

7) โมเมนตัมแปรผกผันกับมวล ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมแปรผันตรงกับมวล ไม่แปรผกผัน

8) โมเมนตัมแปรผกผันกับความเร็ว ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมแปรผันตรงกับความเร็ว ไม่ใช่แปรผกผัน

9) โมเมนตัมคือแรงที่เกิดจากการชนกัน ในหลักการทางฟิสิกส์นั้น โมเมนตัมไม่ใช่แรง แต่เป็นปริมาณที่อนุรักษ์ในระบบปิด

มโนมติที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

ผลการวิเคราะห์พบความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแรงดลทั้งหมด 6 มโนมติ ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแรงมีทั้งหมด 6 รูปแบบ โดยมี 3 รูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดเกี่ยวกับแรงดล

1) นักเรียนมีความเข้าใจว่า แรงดลกับแรงมีลักษณะเหมือนกัน แต่แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่ทำให้วัตถุเกิดความเร่ง หรือเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทาง มีหน่วยเป็นนิวตัน (Newton) ในขณะที่แรงดล คือผลคูณระหว่างแรงที่กระทำกับวัตถุกับระยะเวลาที่แรงนั้นกระทำ มีหน่วยเป็นนิวตันวินาที แรงดลแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุ ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ (Arifin et al., 2019) ที่สาเหตุของความเข้าใจผิดของนักเรียนเนื่องจากการที่นักเรียนมักจะใช้เหตุผลและสัญชาตญาณในการเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ ซึ่งบางครั้งอาจนำไปสู่ความเข้าใจผิดได้ เช่น นักเรียนอาจคิดว่าแรงใดๆ ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ก็คือแรงดล หรืออาจเข้าใจผิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลา

2) นักเรียนมีความเข้าใจว่า ตัวอย่างของแรงดลในชีวิตประจำวัน คือ วัตถุใด ๆ ที่มีมวลและได้รับแรงผลัก ซึ่งนักเรียนจำนวนมากมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดของ แรงดล โดยนักเรียนคิดว่าวัตถุใดที่มีมวลและถูกผลักจะเป็นลักษณะของเป็นแรงดล เช่น การเตะลูกบอล หรือการตีปิงปอง ซึ่งความเข้าใจนี้ไม่ถูกต้องทั้งหมด เนื่องจากแรงดลไม่ได้หมายถึงเพียงแค่การกระทำที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ แต่หมายถึงผลคูณระหว่างแรงที่กระทำกับวัตถุกับระยะเวลาที่แรงนั้นกระทำ ในขณะที่ตัวอย่างของแรงดลจะเกิดขึ้นเมื่อมีการออกแรงกับวัตถุจนทำให้วัตถุเคลื่อนที่และเกิดขึ้นในเวลาอันสั้น เช่น การตีไม้เบสบอล ซึ่งแรงที่ไม้เบสบอลกระทำต่อลูกบอลในช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้ลูกบอลเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างรวดเร็ว หรือกรณีการเบรกของรถยนต์ แรงเสียดทานระหว่างผ้าเบรกกับจานเบรกทำให้รถยนต์ชะลอความเร็วลง และการชนกันของวัตถุสองชิ้น แรงที่กระทำระหว่างวัตถุทั้งสองในช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้วัตถุทั้งสองเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทาง จากงานวิจัยของ Hikmatunnisa and Mahmudah (2019) กล่าวว่า ความเข้าใจผิดรูปแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้จากความเข้าใจผิดก่อนหน้านี้

3) นักเรียนมีความเข้าใจผิดว่าความเร็วของวัตถุมีผลต่อขนาดของแรงดล ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักการทฤษฎีทางฟิสิกส์ โดยแรงดลจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงและระยะเวลาที่แรงกระทำ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุก่อนการกระทำ

มโนมติที่ 3 เรื่อง แรงดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

นักเรียนจำนวนมากมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดของแรงดล (Impulse) และโมเมนตัม (Momentum) ซึ่งในทางทฤษฎีสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิด คือ แรงดลและโมเมนตัมเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกัน แต่มีความหมายแตกต่างกัน แรงดลเป็นผลคูณของแรงและเวลาที่แรงกระทำ (Impulse = Force × Time) ส่วนโมเมนตัมเป็นผลคูณของมวลและความเร็ว (Momentum = mass × velocity) โดยความสัมพันธ์ที่ถูกต้องระหว่างแรงดลและโมเมนตัม

แรงดลเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม: เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง แรงดลที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันในรูปของแรงดล: $\sum F \Delta t = \Delta p$

โดยที่ $\sum F$ คือ ผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ

$\Delta t$ คือ ช่วงเวลาที่แรงกระทำ และ $\Delta p$ คือ การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

นักเรียนอาจสับสนระหว่างนิยามของทั้งสองปริมาณซึ่งคล้ายกับผลการวิจัยของ Arifin et al. (2019) ที่รูปแบบความเข้าใจผิดที่พบบ่อยที่สุดคือนักเรียนเข้าใจผิดว่าแรงดลเหมือนกับโมเมนตัม

มโนมติที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

นักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดการอนุรักษ์โมเมนตัมในหลายรูปแบบ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความไม่เข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับหลักการทางฟิสิกส์พื้นฐาน

1) นักเรียนมีมโนมติว่ากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเกิดขึ้นเฉพาะเมื่อวัตถุประสบกับการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์

2) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไม่ใช้เมื่อวัตถุชนกับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวนิ่ม

3) นักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในกฎการอนุกรักษ์โมเมนตัมให้แคบลง โดยคิดว่ากฎนี้ใช้ได้เฉพาะในบางกรณีของการชนแบบยืดหยุ่นไม่สมบูรณ์

4) นักเรียนเข้าใจผิดว่าโมเมนตัมของระบบจะลดลงหลังจากเกิดการชน

มโนมติที่ 5 เรื่อง การชน

1) การชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์เกิดขึ้นเมื่อมวลของวัตถุทั้งสองเท่ากัน นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าหากวัตถุสองชิ้นมีมวลเท่ากัน การชนที่เกิดขึ้นจะเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์เสมอ ซึ่งไม่เป็นความจริงเสมอไป การชนจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเร็วของวัตถุก่อนชน และลักษณะของวัตถุ

2) วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะได้รับแรงกระทำมากกว่าหลังการชน นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะได้รับแรงกระทำมากกว่าหลังการชน ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ผิด เนื่องจากตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กำลังภายใน (แรง) ที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองมีค่าเท่ากันและตรงข้ามกันเสมอ

3) วัตถุสองชิ้นที่มีมวลเท่ากัน เมื่อชนกันจะต้องเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์

4) การชนแบบยืดหยุ่นบางส่วนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมวล นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าการชนแบบยืดหยุ่นบางส่วนจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองมีมวลต่างกัน ซึ่งไม่ถูกต้องเสมอไป การชนจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การคืนตัว (coefficient of restitution)

5) การชนแบบไม่ยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมวล นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่นจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองมีมวลต่างกัน ซึ่งไม่ถูกต้องเสมอไป การชนจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเร็วของวัตถุก่อนชน และลักษณะของวัตถุ

6) การชนแบบไม่ยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมวล นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่นจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองมีมวลต่างกัน ซึ่งไม่ถูกต้องเสมอไป การชนจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเร็วของวัตถุก่อนชน และลักษณะของวัตถุ

7) การชนแบบยืดหยุ่นบางส่วนเกิดขึ้นเมื่อวัตถุสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันชนกัน

8) พลังงานจลน์หลังการชนมากกว่าพลังงานจลน์ก่อนการชนในกรณีการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ แสดงถึงความเข้าใจที่ถูกต้อง ในการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ พลังงานจลน์บางส่วนจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานความร้อนหรือพลังงานเสียง ทำให้พลังงานจลน์หลังการชนลดลง

จากการศึกษาประเด็นที่ก่อให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทำให้สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับโมเมนตัมและการดล มีหลายปัจจัย เช่น ความเข้าใจเบื้องต้นของผู้เรียน การแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องมีการปรับปรุงทั้งกระบวนการเรียนการสอนและวิธีการคิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์มโนมติทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจึงนำเอาประเด็นที่สร้าง

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมาเป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้ที่ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานในบทเรียนนี้ต่อไป

1.4 โครงสร้างรายวิชา

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ 2) (ว31102)

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | งานและพลังงาน | 1-3 | - งานในทางฟิสิกส์เป็นผลจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้น ดังนั้น ขนาดของงานที่ได้จะหาได้จากผลคูณระหว่างแรงที่กระทำกับระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ (ระยะทางขนานกับแรง) และเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน.เมตร (N.m) หรือ จูล (J)<br>-กำลัง เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกถึงปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา<br>กำลัง เรียกอีกอย่างได้ว่าเป็น “อัตราการทำงาน” มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที ซึ่งตรงกับหน่วย วัตต์ (W) ซึ่งเป็นหน่วยอนุพันธ์ในระบบเอสไอ<br>- พลังงาน (Energy)<br>คือ ความสามารถของวัตถุที่จะทำงานได้ในฟิสิกส์ได้กำหนดความหมายของพลังงานว่า พลังงานเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของระบบที่บ่งถึงขีดความสามารถในการทำงานพลังงานของวัตถุจึงวัดได้จากงานของวัตถุที่ทำได้ พลังงานมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานเคมี พลังงาน | 10 | 12 |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแผ่รังสี เป็นต้นพลังงานมีหน่วยเหมือนกับงานคือ จูล<br>-งานและพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กันดังนี้ งานที่ทำโดยแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุเปลี่ยนไป หรือ $W = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$<br>-พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุเมื่ออยู่บนที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามากหรือค่าน้อยขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากพื้นโลก สามารถหาค่าได้จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวดิ่ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม สามารถหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง จากงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เมื่ออยู่บนที่สูง<br>พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุที่ติดกับสปริงที่ถูกทำให้ยืดออก หรือ หดเข้าจากตำแหน่งสมดุล แรงที่กระทำต่อสปริงมีค่าไม่คงที่แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์<br>ถ้าเราปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก | | |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | เราจะพบว่า พลังงานกลรวม ณ ทุกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีค่าคงตัวเสมอ กล่าวคือ<br>พลังงานจลน์ + พลังงานศักย์ = ค่าคงตัว (ทุกตำแหน่งในการเคลื่อนที่)<br>กฎการอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า “พลังงานรวมของวัตถุจะไม่สูญหายไปไหน แต่อาจเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง”<br>ความสามารถในการทำงานของมนุษย์หรือเครื่องกลใดๆ เรามักบอกในรูปของประสิทธิภาพ (efficiency) เครื่องกลที่มีประสิทธิภาพสูงย่อมดีกว่าเครื่องกลประเภทเดียวกันที่มีประสิทธิภาพต่ำ<br>เครื่องกลเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การกระทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้นหรือใช้แรงที่น้อยลงหรือช่วยในการผ่อนแรง เครื่องกลที่จัดเป็นเครื่องกลอย่างง่ายมี 6 ประเภท ได้แก่ คาน ลิ่ม รอก พื้นเอียง สกรู และล้อกับเพลา โดยนำหลักการของงาน พลังงานและกำลัง มาอธิบายการทำงานของเครื่องกลเหล่านี้ ถ้าเครื่องกลไม่สูญเสียงานหรือแรงเสียดทานในเครื่องกลน้อยมากๆ จะได้ว่า งานที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล | | |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | โมเมนตัมและการชน | 4-5 | โมเมนตัม (P) หมายถึง ปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพยายามทำให้วัตถุพุ่งตัวไปข้างหน้าในทิศทางของความเร็ว เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศตามทิศของความเร็ว<br><br>แรงทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ($\Delta \vec{P}$) เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากเดิมขนาดของความเร็วเปลี่ยนแปลงไปโดยไม่เปลี่ยนทิศทางหรือขนาดของความเร็วไม่เปลี่ยนแต่ทิศของความเร็วเปลี่ยนก็เป็นผลให้สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปด้วย<br>การดล (I) คือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็น kg.m/sแรงดล (F) คือแรงที่กระทำในช่วงเวลาสั้นๆ แล้วทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป<br>กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบเมื่อพิจารณาวัตถุ 2 ก้อน เคลื่อนที่ชนกันหรือกระทบกัน วัตถุทั้ง 2 ก้อนจะมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แสดงว่ามีแรงกระทำกับวัตถุทั้ง 2 ก้อน<br>การชนกันของวัตถุ (มวลวิ่งไปชนมวล) จะเป็นไปตามหลักคงที่ของโมเมนตัม (กฎอนุรักษ์โมเมนตัม คือ ผลรวมโมเม | 10 | 13 |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | นตัมของระบบมีค่าคงตัว)<br>การชนใน 1 มิติ เป็นการชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน การชนในแนวเส้นตรงจะเกิดขึ้นได้เมื่อแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชนจะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนเท่านั้นโดย การชนใน 1 มิติ แบ่งได้เป็น 3 แบบ ดังนี้<br>1. การชนแบบยืดหยุ่น<br>2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น<br>3. การดีดตัวของวัตถุหรือการระเบิด | | |
| สอบกลางภาค | | | | 2 | 20 |
| 3 | การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ | 6 | การเคลื่อนที่ของวัตถุจะเปลี่ยนไป เมื่อมีแรงที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ และถ้าแรงกระทำนั้นกระทำตลอดเวลา การเคลื่อนที่นั้นจะเปลี่ยนไปทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว วัตถุที่ถูกขว้างหรือโยนจะมีแนวการเคลื่อนที่โค้งคล้ายกราฟพาราโบลา ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุนั้นในแนวดิ่ง แต่ในการระดับจะไม่มีแรงใดๆ กระทำตลอดการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับจะคงตัว ส่วนความเร็ว | 13 | 8 |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ในแนวดิ่งจะไม่คงตัว<br>ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะแยกพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวระดับและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งออกจากกัน แล้วจึงนำมาพิจารณารวมกันเพื่อหาความเร็วลัพธ์ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ดังนี้<br>การเคลื่อนที่ในแนวระดับ วัตถุซึ่งถูกขว้างออกไปในแนวระดับจะมีความเร็วในแนวระดับคงตัว เพราะว่าแรงลัพธ์ในแนวระดับที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ โดยถือว่าแรงต้านของอากาศมีค่าน้อยมาก<br>การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจกไทล์ในแนวดิ่งจะเหมือนกับการปล่อยวัตถุแบบตกเสรี คือมีความเร็วต้นเป็นศูนย์ และมีค่าความเร่งคงตัวที่มีค่าเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงซึ่งมีทิศทางลง | | |
| 4 | การเคลื่อนที่แบบวงกลม | 7 | ถ้าวัตถุเคลื่อนที่แล้วแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตลอดไป ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุตั้งฉากกับอัตราเร็ว และกระทำอยู่ตลอดเวลา จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้โดยมีทิศของแรงนั้นพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ เรียกว่า แรงสู่ | 10 | 9 |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ศูนย์กลาง ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบวงกลม คือการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีแรงกระทำตั้งฉากกับอัตราเร็วอยู่ตลอดเวลา<br>แรงสู่ศูนย์กลาง คือ ความเร่งที่เกิดจากทิศทางของความเร็ว (ตามแนวเส้นรอบวง) เปลี่ยนแปลง แม้เป็นการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ซึ่งถือว่าอัตราเร็วเชิงมุมคงตัว (ความเร่งเชิงมุม a = 0) ก็ยังเกิดความเร่งจากการเคลื่อนที่คือความเร่งสู่ศูนย์กลางเกิดขึ้น โดยทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่วงกลมตลอดเวลา<br>แรงสู่ศูนย์กลางในชีวิตประจำวัน เมื่อเลี้ยวจักรยานไปทางซ้าย เราจะรู้สึกว่ามีแรง F ดึงเราไปทางขวาแรง F นี้ เราเรียกว่าแรงเฉื่อย เราจึงต้องเอียงรถไปทางซ้ายเพื่อสร้างสมดุลกันแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้น ทำให้แรง F กับน้ำหนัก W เกิดเป็นแรงลัพธ์ R ผ่านล้อรถไปสัมผัสกับพื้น ในเวลานั้นเราจะรู้สึกเหมือนนั่ง ตัวตรงเป็นแนวดิ่งกดลงบนอานรถ โดยไม่รู้สึกว่าตัวเอียง และจักรยานรักษาความเอียงเป็นมุม $\theta$ เลี้ยวไปตามทางโค้งได้อย่างต่อเนื่อง | | |
| 5 | การเคลื่อนที่แบบ | 8-9 | -การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย | 13 | 8 |

| ที่ | หน่วยการเรียนรู้ | ผลการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | ฮาร์มอนิกอย่างง่าย | | เป็นการ เคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่าน ตำแหน่งสมดุล โดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัว และมีการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลที่เวลาใด ๆ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์<br>-การสั่นของวัตถุติดปลายสปริง และการแกว่ง ของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก อย่างง่ายที่มีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล แต่มี ทิศทางตรงข้าม โดยมีคาบการสั่นของวัตถุ ที่ติดอยู่ที่ปลายสปริง และคาบการแกว่งของ ลูกตุ้ม<br>-เมื่อดึงวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุล แล้วปล่อยให้สั่น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัว การดึงลูกตุ้มออกจากแนวดิ่งแล้วปล่อยให้แกว่ง ลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้ เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั่นด้วย แอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง | | |
| สอบปลายภาค | | | | 2 | 30 |
| รวมทั้งสิ้นตลอดภาคเรียน | | | | 60 | 100 |

จากการศึกษาเป้าหมายหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ และโครงสร้างสร้างรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ 2) รหัสวิชา 31102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม สามารถสรุปได้ว่า รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว31102 จำนวนหน่วยกิต 1.5 หน่วยกิต เวลา 60 ชั่วโมง ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 งานและพลังงาน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 โมเมนตัมและการชน หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลมและหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เนื้อหามีความซับซ้อนทำความเข้าใจได้ยาก ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนส่งผลให้นักเรียนขาดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

**การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน**

2.1 ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญา

Lee and Kwon (2001) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาว่า ความขัดแย้งทางปัญญา เป็นสภาวะการรับรู้ที่บุคคลสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลหนึ่งกับสิ่งแวดล้อม (external information) หรือ องค์ประกอบของโครงสร้างการรับรู้อื่นๆ เช่น แนวความคิด ความเชื่อ โครงสร้างย่อย หรืออาจกล่าวว่าเกิดสถานการณ์ที่ทำให้ความเชื่อความคิดเดิม หรือข้อมูลที่มีอยู่ขัดแย้งกันเอง หรือขัดแย้งกับข้อมูลใหม่ที่ได้รับ ทำให้เกิดความไม่สอดคล้องกันในความคิด ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นให้บุคคลนั้นพยายามปรับเปลี่ยนความคิดให้เข้ากันได้ ความขัดแย้งทางปัญญาถือเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (revolutionary) เป็นกระบวนการที่เชื่อว่าจะทำให้ผู้เรียนยอมรับหลักวิทยาศาสตร์ รวมถึงหลักการโดยทำให้ผู้เรียนไม่พึงพอใจกับการขาดความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น หรือเมื่อไม่สามารถปฏิบัติตามความคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิดและความสมดุลทางจิตใจของนักเรียนถูกรบกวนโดยประสบการณ์ความรู้เดิม หรือเรียกว่า ข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับความเข้าใจในปัจจุบัน

Swan et al. (2006) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาว่า ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นคำที่ใช้อธิบายความตึงเครียดทางจิตใจหรือการทำให้กระวนกระวายภายในจิตใจเกิดขึ้นเมื่อสิ่งที่คาดหวังเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นไม่สอดคล้องกับการสังเกตหรือแนวคิดที่คิดไว้ล่วงหน้าของตนเอง บุคคลนั้นอาจพยายามอธิบายและทำให้ความตึงเครียดทางจิตใจนี้เกิดขึ้น

น้อยลง โดยการทบทวนและปรับเปลี่ยนความเชื่อของพวกเขาหรือโดยตีความข้อสังเกตของพวกเขาใหม่ ซึ่งสิ่งนี้อาจนำไปสู่การปรับโครงสร้างของกรอบแนวคิดใหม่

Madu and Orji (2015) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาว่า ความขัดแย้งทางปัญญา หมายถึง ความขัดแย้งระหว่างโครงสร้างความรู้ ความเข้าใจ เช่น ความรู้ที่เป็นระบบระเบียบ โครงสร้างในสมอง และสภาพแวดล้อม เช่น การทดลอง การสาธิต ความคิดเห็นของเพื่อน หนังสือ หรือความขัดแย้งระหว่างแนวความคิดในโครงสร้างการรับรู้

Akmam et al. (2018) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาว่า ความขัดแย้งทางปัญญา คือ ความรู้สึกไม่สบายใจที่เกิดขึ้นเมื่อความเชื่อ ค่านิยม หรือพฤติกรรมของบุคคลหนึ่งขัดแย้งกัน เมื่อบุคคลเชื่ออย่างแรงกล้าในบางสิ่งที่พิสูจน์แล้วว่าผิด บุคคลจะประสบกับความขัดแย้ง ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีทางจิตวิทยาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิด

Prayogi et al. (2019) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาไว้ว่า ความรู้ความเข้าใจ ความขัดแย้งเกิดขึ้นเมื่อมีความสมดุลทางจิตใจของนักเรียน ถูกรบกวนจากประสบการณ์ หรือมี ข้อมูลผิดปกติที่ไม่ตรงกับความเข้าใจในปัจจุบัน

Ngicho et al. (2020) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาไว้ว่า ความขัดแย้งทางความคิดเกิดขึ้นเมื่อประสบการณ์และความรู้ที่มีอยู่ของนักเรียนมีความความขัดแย้งกับความรู้ใหม่ และประสบการณ์ใหม่ที่มีระหว่างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู

Prayogi and Verawati (2020) ได้ให้ความหมายของความขัดแย้งทางปัญญาไว้ว่า ความขัดแย้งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างในแนวคิดเบื้องต้นที่นักเรียนมีกับประสบการณ์การเรียนรู้

จากการศึกษาความหมายของความขัดแย้งทางปัญญา ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความขัดแย้งทางปัญญา หมายถึง สภาวะการรับรู้ทางความคิดที่เกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งที่ทำให้เกิดความขัดแย้ง เช่น ข้อคำถาม ประเด็นปัญหา การสาธิตการทดลองและประสบการณ์ใหม่ที่มีระหว่างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู จนเกิดความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกับความคิด ความเข้าใจเดิมของนักเรียน หรือขัดแย้งกับโครงสร้างความรู้ความเข้าใจ ส่งผลให้บุคคลนั้นพยายามปรับเปลี่ยนหรือพัฒนาโครงสร้างความคิดของตนเองเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันมากขึ้น

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

Lee et al. (2003) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียนไม่สอดคล้องกับข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งขึ้น การใช้กลยุทธ์นี้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนต้องปรับปรุงความเข้าใจของตนเอง และพัฒนาแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

Chow and Treagust (2013) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า เป็นวิธีการสอนที่สร้างสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีข้อมูลใหม่ที่ขัดแย้งกับความรู้หรือความเข้าใจเดิมของนักเรียน การเผชิญหน้ากับความขัดแย้งนี้จะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาและปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น

Akmam et al. (2018) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่าเป็นการทำให้ความมั่นใจของนักเรียนที่มีอยู่ไม่มั่นคงผ่านเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งถือว่าความรู้ความเข้าใจที่ขัดแย้งกันนั้นจะทำหน้าที่เป็นแรงขับเคลื่อนที่บังคับจิตใจให้นักเรียนได้รับหรือคิดค้นความคิดหรือความเชื่อใหม่ หรือปรับเปลี่ยนความเชื่อที่มีอยู่ และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขความเข้าใจผิดในนักเรียนเพื่อสร้างสมดุลทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และยังช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดของตนเองก่อนเรียนและการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้

Mufit et al. (2018) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นวิธีการสอนที่เป็นกระบวนการที่ใช้เปลี่ยนแปลงแนวคิดเน้นการสร้างสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิด ความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งหมายถึงการเผชิญกับข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ที่ไม่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือความเชื่อเดิมของนักเรียน การเกิดความขัดแย้งนี้กระตุ้นให้นักเรียนต้องทบทวนความรู้เดิมของตนเองและพัฒนาแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องมากขึ้น

Safrudin et al. (2018) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า วิธีการสอนที่ออกแบบมาเพื่อทำให้นักเรียนเผชิญหน้ากับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ไม่สอดคล้องกับความรู้ ความเข้าใจ หรือความเชื่อเดิมของพวกเขา ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

กระบวนการนี้เป็นการท้าทายความเข้าใจเดิมของนักเรียนและกระตุ้นให้พวกเขาต้องคิดหาทางแก้ไขหรือปรับปรุงแนวคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจใหม่ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

Prayogi and Verawati (2020) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้ที่สร้างความขัดแย้งให้เกิดขึ้น โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความแตกต่างในแนวคิดเดิมกับการเรียนรู้ในประสบการณ์ใหม่ของนักเรียน

Susilawati et al. (2020) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นวิธีการเรียนรู้แบบโต้ตอบ สร้างแรงบันดาลใจ สร้างความน่าสนใจ และเรียกร้องความสนใจ สิ่งนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการคิด ในขณะที่ให้นักเรียนพัฒนาความคิดริเริ่ม ความคิดสร้างสรรค์และเสรีภาพในด้านที่เกี่ยวข้องกับพรสวรรค์ ความสนใจ และความสามารถ วิวัฒนาการของจิตใจและสติปัญญา

Defrianti et al. (2021) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การสอนที่สร้างสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิด ความขัดแย้งทางปัญญา โดยการนำเสนอข้อมูลใหม่ที่ขัดแย้งกับความรู้หรือความเชื่อเดิมของพวกเขา การสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างแนวคิดเดิมและข้อมูลใหม่

Mufit et al. (2022) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้าง ความขัดแย้งทางปัญญา ในระหว่างการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความเข้าใจเดิมของตนเองและปรับเปลี่ยนแนวคิดที่ไม่ถูกต้องให้เป็นแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องและสอดคล้องกับหลักวิทยาศาสตร์

Widia et al. (2022) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การสอนที่ออกแบบมาเพื่อสร้างสถานการณ์การนำเสนอตัวอย่าง การเปรียบเทียบการสาธิตและการทดลอง ที่ทำให้นักเรียนเกิด ความขัดแย้งทางปัญญา โดยการนำเสนอข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมหรือความเชื่อของนักเรียน เป็นกลยุทธ์การเรียนรู้เพื่อทำให้จิตใจของผู้เรียนตระหนักรู้ถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของพวกเขา โดยผ่านขั้นตอนกระบวนการที่ปรับให้เหมาะกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ความขัดแย้งนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนต้องพิจารณาและปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องมากขึ้น โดยเป็นทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดได้รับอิทธิพลจากปรัชญาของคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ

Mufit and Fauzan (2023) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า การสอนที่ออกแบบมาเพื่อใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นกลไกหลักในการแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยการสร้างสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างความรู้หรือความเชื่อเดิมกับข้อมูลหรือหลักการใหม่ที่ถูกต้อง

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างความรู้ด้วยการกระตุ้นนักเรียนจากสถานการณ์ ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือความขัดแย้งระหว่างความรู้หรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ ด้วยการทำกิจกรรมการทดลองและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เกิดการปรับปรุงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้ที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

Underhil (1991) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้นิยมที่เชื่อว่า ผู้เรียน เรียนรู้โดยการสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิม และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เป็นพื้นฐาน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้นิยมนั้นจะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) โดยการจัดให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือมี ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นทำให้เกิดการไตร่ตรอง (reflection) และนำไปสู่การสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่ (constructive restructuring) ที่ได้รับการตรวจสอบทั้งจากตนเองและผู้อื่นว่า สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่อยู่ใน โครงสร้างนั้น และใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างโครงสร้างใหม่ต่อไป

Woolfolk (1995) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญามีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ซึ่งเน้นการสร้างความหมายและความรู้ใหม่ผ่านการเผชิญกับความขัดแย้งทางปัญญา ทฤษฎีนี้ได้รับอิทธิพลจากนักจิตวิทยา เช่น Piaget และ Vygotsky รวมถึงนักปรัชญาการศึกษาอย่าง Dewey ซึ่งให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้มากกว่าการจดจำข้อมูล โดยทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้แบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก คือ กลุ่ม Cognitive Constructivism ซึ่งมองว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการปฏิสัมพันธ์กับโลก และกลุ่ม Social Constructivism ซึ่งเน้นความสำคัญของบริบททางสังคมในการเรียนรู้ และการมีปฏิสัมพันธ์กับสังคมในการสร้างความรู้

ใหม่ นอกจากนี้ ความรู้ถูกมองว่าเป็นสิ่งชั่วคราวและพัฒนาได้ไม่ใช่สิ่งที่ค้นพบได้โดยตรงการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง โดยการต่อสู้กับความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่แตกต่าง

Swan et al. (2006) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า แนวคิดเรื่องความขัดแย้งทางปัญญาได้รับการกำหนดโดย Piaget ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาการจิตวิทยา แนวคิดของเพียเจต์มีรากฐานมาจากคำอุปมาทางชีววิทยาเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อความอยู่รอด สำหรับเพียเจต์ผู้เรียนจะสร้างทฤษฎีส่วนบุคคลและปรับใช้ผ่าน 2 กระบวนการ คือ การซึมซับประสบการณ์และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา เพื่อประสานการสังเกตกับประสบการณ์ การซึมซับประสบการณ์ หมายถึง การซึมซับแนวความคิดใหม่ๆ ในขณะที่การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา หมายถึง การปรับเปลี่ยนที่ผู้เรียนต่อมาจึงทำเพื่อปรับแนวคิดใหม่ๆ ให้เข้ากับกรอบแนวคิดที่มีอยู่เดิมของผู้เรียน

Mufit and Fauzan (2023) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า ปรัชญาคอนสตรัคติวิสต์ระบุว่าความรู้ถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนผ่านทางการโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อม ความท้าทาย และสื่อการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ในระหว่างการสร้างความรู้ใหม่ นักเรียนมักจะสร้างความรู้ใหม่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านความสามารถหรือเพราะความคิดของตนเองปะปนกับความคิดอื่นที่ประสบในชีวิตประจำวัน จึงปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิดในกระบวนการเรียนรู้

วรรณจรีย์ มังสิงห์ (2541) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า ปรัชญาการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้มาจากการค้นพบสิ่งที่มีบ่อเกิดจากภายนอก แต่ความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นภายในจิตจากการพยายามทำความเข้าใจ หรือให้ความหมายกับเหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือข้อสนเทศ โดย อาศัยความรู้เดิม ความเชื่อ ทฤษฎี และความคาดหวังของตนในการแปลความหมาย เพื่อทำความเข้าใจต่อ สถานการณ์นั้นๆ นักปรัชญากลุ่มนี้มีแนวคิดว่า ความรู้ไม่ใช่ความจริง เพราะมนุษย์ไม่สามารถใช้ประสบการณ์อธิบาย สิ่งต่างๆได้อย่างถูกต้องตามสภาพที่แท้จริงได้ เนื่องจากสิ่งที่มนุษย์เราสังเกตเห็น หรือรับรู้จะถูกเลือกหรือกำหนด ตามความคาดหวังของบุคคลนั้นๆ

สมชาย รัตนทองคำ (2558) ได้ให้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่า การสร้างสรรค์ความรู้นิยมเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ว่าด้วยการ

กระทำของตนเอง โดยเชื่อว่าบุคคลเรียนรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการต่างๆกัน ด้วยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ และแรงจูงใจภายในเป็นพื้นฐานมากกว่าโดยใช้เพียงการรับรู้ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม หรือรับการสอนจากภายนอกเท่านั้น

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีความขัดแย้งทางปัญญาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน มีพื้นฐานมาจากผลงานวิจัยของนักจิตวิทยาเรียกว่า แนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้นิยม ในการจัดการเรียนการสอนในกระบวนการเรียนรู้ผ่านความขัดแย้งทางปัญญานี้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนถูกทำให้เกิดความเข้าใจผิดในกระบวนการเรียนรู้ และจากนั้นจะเกิดการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาจากประสบการณ์และความเข้าใจเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยมีการตรวจสอบว่า สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา หรืออธิบายสถานการณ์เฉพาะอื่นๆ ที่อยู่ในกรอบของโครงสร้างนั้นๆ ได้และโครงสร้างทางปัญญาที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างใหม่ๆต่อไป

2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

Hewson and Hewson (1984) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้

ขั้นที่ 1 การระบุสภาพความสามารถของนักเรียน (Identifying the Condition of Student Abilities) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและเข้าใจความรู้หรือความเชื่อเดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา เพราะช่วยให้ผู้สอนสามารถออกแบบสถานการณ์ความขัดแย้งที่มีประสิทธิภาพได้

ขั้นที่ 2 การเปิดเผยข้อมูลที่ขัดแย้งกับความเข้าใจเดิม (Exposing Students to Contradictory Information) ขั้นการนำเสนอข้อมูลใหม่ที่ขัดแย้งกับความเข้าใจเดิมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา การเปิดเผยข้อมูลที่ขัดแย้งนี้ทำให้เกิดความตระหนักในความไม่สอดคล้องและกระตุ้นการทบทวนความคิด

ขั้นที่ 3 การประเมินระดับของการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Evaluating the Level of Conceptual Change) การประเมินว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ความขัดแย้งทางปัญญานั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนอย่างไร โดยการตรวจสอบและประเมินว่ามีนักเรียนเปลี่ยนแปลงความเข้าใจจากความเชื่อเดิมไปเป็นแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องมากขึ้นหรือไม่

Osborne and Wittrock (1985) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่าการนำกลยุทธ์ความขัดแย้งทางความคิดไปใช้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก

ได้แก่ ขั้นตอนเบื้องต้น ขั้นตอนโฟกัส ขั้นตอนท้าทาย และขั้นตอนประยุกต์ในรูปแบบการสร้างอัลกอริทึม

ขั้นที่ 1 ขั้นเบื้องต้น (Preliminary phase) คือ ขั้นที่มีการมอบหมายงานให้นักเรียนผ่านการอ่านเอกสารอ้างอิงตามหัวข้อที่จะศึกษา และตั้งคำถามปลายเปิดให้นักเรียนตอบตามความรู้เดิมที่มีอยู่

ขั้นที่ 2 ขั้นโฟกัส (Focus phase) คือ ขั้นของกิจกรรมของนักเรียนในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดใหม่

ขั้นที่ 3 ขั้นท้าทาย (Challenge phase) คือ ขั้นการสนับสนุนให้นักเรียนเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับปัญหาและแนะนำให้นักเรียนทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของปัญหาที่กำหนด

ขั้นที่ 4 ขั้นยืนยันและตรวจสอบความเข้าใจ (Application phase) คือ การให้นักเรียนพิจารณาคำตอบทั้งหมดของนักเรียนที่ให้ไว้ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนพิจารณาและอภิปรายของคำตอบทั้งหมด เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้

Lee and Kwon (2001) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า กระบวนการขัดแย้งทางปัญญาถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายการขัดแย้งทางปัญญาเมื่อผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ผิดปกติซึ่งไม่สอดคล้องกับความเชื่อเดิมในการเรียนวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนเบื้องต้น ขั้นตอนขัดแย้ง และขั้นตอนการแก้ไข

ขั้นที่ 1 ขั้นเบื้องต้น คือ กระบวนการที่นักเรียนที่มีความเชื่อในแนวคิดเดิมยอมรับในสถานการณ์ผิดปกติจากความคิดเดิม เช่น ผลการทดลองที่ได้รับจากครู ว่าเป็นเรื่องจริง หากนักเรียนไม่มีความมั่นใจ ในแนวคิดเดิมเป็นอย่างดี หรือหากนักเรียนมองว่าสถานการณ์ผิดปกติเป็นการหลอกลวง พวกเขาจะไม่ประสบกับความขัดแย้งทางความรู้ ดังนั้น ขั้นตอนเบื้องต้นจึงเป็นขั้นตอนสำคัญก่อนเกิดความขัดแย้งทางความคิด

ขั้นที่ 2 ขั้นขัดแย้ง คือขั้นตอนการเกิดความขัดแย้งทางความคิด ถูกนิยามว่าเกิดขึ้นหลังจากผู้เรียน 1) ตระหนักถึงสถานการณ์ที่ผิดปกติ 2) แสดงความสนใจหรือความวิตกกังวลในการแก้ไขความขัดแย้งทางความคิด และ 3) มีส่วนร่วมในการประเมินสถานการณ์ใหม่ทางความคิด เมื่อผู้เรียนตระหนักว่าสถานการณ์หนึ่งขัดแย้งกับความเข้าใจเดิมของเขาหรือเธอ ผู้เรียนควรจะสนใจหรือวิตกกังวลเกี่ยวกับสถานการณ์นี้หลังจากขั้นตอนเหล่านี้ เขาจะประเมินสถานการณ์ที่ขัดแย้งทางความคิดของเขาใหม่

ขั้นที่ 3 ขั้นการแก้ไขความขัดแย้งทางความคิด (resolution stage) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนพบข้อมูลใหม่ที่ขัดแย้งกับความเข้าใจเดิม ผู้เรียนจะพยายาม

หาทางแก้ไขความขัดแย้งนี้ โดยแสดงออกผ่านพฤติกรรมภายนอกที่หลากหลาย เช่น การเพิกเฉย การปฏิเสธ การไม่แน่ใจ การตีความใหม่ การเปลี่ยนแปลงทฤษฎีเล็กน้อย หรือการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีอย่างสิ้นเชิง

Madu and Orji (2015) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า

ขั้นที่ 1 การระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือความเข้าใจผิดของนักเรียน ขั้นการสำรวจและทำความเข้าใจความรู้หรือความเชื่อเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับหัวข้อที่ศึกษา

ขั้นที่ 2 การสร้างเงื่อนไขความขัดแย้งให้นักเรียนผ่านการจัดเตรียมข้อเท็จจริงเชิงการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะมีความขัดแย้งทางความคิด ครูทำการออกแบบและจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนพบกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ขัดแย้งกับความเชื่อเดิม เช่น การนำเสนอข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับความรู้ที่มีอยู่ เพื่อกระตุ้นความขัดแย้งทางปัญญา

ขั้นที่ 3 การนำไปสู่ความสมดุลผ่านการตั้งคำถาม การจัดหาข้อมูล ช่วยให้นักเรียนพิจารณาและทบทวนความเชื่อเดิมของตนเอง ผ่านการอภิปรายกลุ่มหรือการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 การสร้างความเข้าใจใหม่ของนักเรียน นำเสนอและอธิบายแนวคิดหรือหลักการใหม่ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจข้อมูลที่ขัดแย้งได้ดีขึ้น โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมในการอธิบายและทำให้แนวคิดใหม่ชัดเจน

Mufit and Fauzan (2019) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้จัดการเรียนรู้จากความขัดแย้งทางปัญญา เป็นความพยายามในการปรับเปลี่ยนความเข้าใจในแนวคิดและเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิด โดยประกอบไปด้วย 4 ขั้น ได้แก่

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ (Activation of Preconception and Misconception) ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการที่ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมตอบประเด็นคำถามเกี่ยวกับบทเรียน เพื่อให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 2 การนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา (Presentation of Cognitive Conflict) ครูนำเสนอสถานการณ์ ผ่านปรากฏการณ์หรือการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันตอบสมมติฐานลงในใบกิจกรรมเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นก่อนเริ่มทำกิจกรรมการทดลอง

ขั้นที่ 3 การค้นพบแนวคิดและสมการ (Discovery of concepts and Equations) ครูจัดกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง โดยในระหว่างที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลองครูจะคอยกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น ร่วมกันระดมความคิดเพื่อสรุปออกมาเป็นแนวคิด ซึ่งในระยะแรกของการทำการทดลองครูสามารถให้คำแนะนำและสามารถลดระดับการให้คำแนะนำลงเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจและสามารถทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองได้

ขั้นที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Reflection) หลังจากการทำกิจกรรมการทดลอง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอผลการทดลอง หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมและนักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลลัพธ์ที่คล้ายหรือแตกต่างกันจากที่ได้รับในระหว่างการทำกิจกรรม ครูมีบทบาทในการกระตุ้นด้วยประเด็นคำถามให้นักเรียนเกิดการอภิปรายผลร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องพร้อมทั้งสรุปแนวคิดที่ถูกต้องลงไปในใบกิจกรรม

Widia et al. (2022) ได้ให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่าประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การระบุความเข้าใจผิด คือ ครูผู้สอนแสดงให้เห็นว่าระหว่างการเรียนว่านักเรียนประสบกับความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิด ระบุว่าความรู้ก่อนเรียนของนักเรียนสามารถช่วยชี้นำแนวคิดของนักเรียนไปสู่แนวคิดที่ถูกต้องได้

ขั้นที่ 2 การสร้างเงื่อนไขความขัดแย้ง คือ เป้าหมายของครูคือการสร้างสถานการณ์การขัดแย้งนี้เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าแนวคิดของนักเรียนผิด โดยการให้ตัวอย่างที่ขัดแย้ง ในระยะนี้ ครูไม่ได้ตำหนิความคิดก่อนเรียนของนักเรียนโดยตรงและบังคับให้นักเรียนยอมรับแนวคิดใหม่ที่กำลังเรียน แต่ครูจะชี้นำให้นักเรียนเปลี่ยนความคิดก่อนเรียนที่ผิดของตน

ขั้นที่ 3 การช่วยเหลือการปรับสมดุล คือ เพื่อให้เกิดการปรับสมดุล การให้ความช่วยเหลือเพื่อให้เกิดการปรับสมดุลในนักเรียน สามารถทำได้ผ่านคำถามหรือการให้ข้อมูล

ขั้นที่ 4 การสร้างโครงสร้างความเข้าใจของนักเรียนใหม่ คือ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิด เพื่อให้ความเข้าใจผิดที่เคยประสบหายไปและกลายเป็นแนวคิดที่แท้จริงที่สามารถฝังรากได้อย่างมั่นคง

Potvin (2023) ได้ให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้จากความขัดแย้ง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุความรู้เดิมของนักเรียน คือ ขั้นตอนเริ่มต้นของการเรียนรู้ โดยผู้เรียนมีความคิดหรือความเชื่อเดิมอยู่แล้ว และถูกนำไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ตรงกับความคิดเดิมนั้น ถ้าผู้เรียนเชื่อว่าสถานการณ์ใหม่นี้เป็นจริงและสมเหตุสมผล ผู้เรียนจะเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 2 การนำเสนอข้อมูลที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมของนักเรียน คือ ผู้เรียนเริ่มเห็นว่าสถานการณ์ใหม่ขัดแย้งกับความคิดเดิม พวกเขาจะรู้สึกสับสนหรือไม่แน่ใจ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความรู้สึกต่างๆ และสามารถนำไปสู่การทบทวนความรู้หรือแนวคิดเดิม

ขั้นที่ 3 การประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจของนักเรียน ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะยอมรับสถานการณ์ใหม่โดยเปรียบเทียบความคิดเดิมกับความคิดหลังจากได้รับการสอน

Mufit and Fauzan (2023) ได้ให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้ความขัดแย้งทางปัญญามีหลายขั้นตอน แต่โดยทั่วไปมี 3 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนค้นหาแนวคิดเบื้องต้นของนักเรียน คือ ขั้นตอนนี้มุ่งเน้นการสำรวจความคิดหรือแนวคิดเริ่มต้นของนักเรียนเกี่ยวกับหัวข้อที่กำลังเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการกระตุ้นความขัดแย้ง คือ การนำเสนอสถานการณ์หรือข้อมูลที่ขัดแย้งกับความเข้าใจเดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนคิดอย่างลึกซึ้งและตระหนักถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่เดิม

ขั้นที่ 3 ขั้นชี้แนะให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือขั้นช่วยเหลือนักเรียนให้เข้าใจแนวคิดอย่างถูกต้อง โดยอาจใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การอธิบาย การสาธิต หรือการทำกิจกรรม

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning : CCBL) ตามแนวคิดของ Mufit and Fauzan (2019) เนื่องจากเป็นรูปแบบในการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนให้นักเรียนทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและสามารถค้นหาแนวคิดได้จากการทำกิจกรรม เหมาะสมกับเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการสร้างความรู้โดยกระตุ้นนักเรียนด้วยสถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือความไม่สอดคล้องระหว่างความรู้หรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่กับข้อมูลผ่านการทำกิจกรรม การทดลองและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เกิดการปรับปรุงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้อง

กับบทเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้ที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ (Activation of Preconception and Misconception) คือ ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์หรือสื่อ simulation โดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนนั้น พร้อมกับตั้งประเด็นคำถามจากสถานการณ์และให้นักเรียนตอบคำถามบนใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นนักเรียนให้ทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 2 การนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา (Presentation of Cognitive Conflict) ครูนำเสนอสถานการณ์หรือปรากฏการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันตอบสมมติฐานลงในใบกิจกรรมเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นก่อนเริ่มทำกิจกรรมการทดลอง

ขั้นที่ 3 การค้นพบแนวคิดและสมการ (Discovery of concepts and Equations) ครูจัดกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง โดยในระหว่างที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลองครูจะคอยกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น ร่วมกันระดมความคิดเพื่อสรุปออกมาเป็นแนวคิด ซึ่งในระยะแรกของการทำการทดลองครูสามารถให้คำแนะนำและสามารถลดระดับการให้คำแนะนำลงเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจและสามารถทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองได้

ขั้นที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Reflection) หลังจากการทำกิจกรรมการทดลอง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอผลการทดลอง หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมและนักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลลัพธ์ที่คล้ายหรือแตกต่างกันจากที่ได้รับในระหว่างการทำกิจกรรม ครูมีบทบาทในการกระตุ้นด้วยประเด็นคำถามให้นักเรียนเกิดการอภิปรายผลร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องพร้อมทั้งสรุปแนวคิดที่ถูกต้องลงไปในใบกิจกรรม

2.5 บทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

Swan et al. (2006) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ดังนี้ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและเป็นสื่อกลางในการเรียนรู้

ความขัดแย้งทางปัญญาที่นำเสนอโดยครูคาดว่าจะเกิดขึ้น สามารถทำให้นักเรียนตระหนักถึงความเข้าใจผิดของตนเอง และในท้ายที่สุด นักเรียนจะสร้างความคิดของตนเองขึ้นมาใหม่จนกลายเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการเรียนรู้ กระบวนการต่างๆจะสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนรู้ที่มีความหมาย เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลเกี่ยวข้องกับแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในโครงสร้างการรับรู้ของบุคคล

Mufit and Fauzan (2019) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ดังนี้ หลักการของการตอบสนองต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ยึดตามความขัดแย้งทางปัญญานั้น ต้องการการเรียนรู้ที่ให้ครูเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และมุ่งเน้นไปที่กระบวนการเรียนรู้ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้ลงลึกในเชิงลึก และการมีปฏิสัมพันธ์หลายทิศทาง ระหว่างนักศึกษากับนักศึกษาและอาจารย์เป็นสิ่งจำเป็น

พรหม ผูกดวง (2542) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้อภิปรายถึงความเชื่อของตนเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินและตรวจสอบ ความเชื่อของตนเอง ซึ่งการอภิปรายแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันของนักเรียน จะนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาเพื่อขจัดความขัดแย้งที่เกิดขึ้นได้ การเรียนรู้ตามแนวสร้างสรรค์ความรู้นิยมจะเกิดขึ้นได้ตามเงื่อนไขดังนี้

1) ผู้เรียนต้องมีความกระตือรือร้น หรือแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากความต้องการของผู้เรียนเอง

2) ความรู้ต่างๆจะถูกสร้างขึ้นภายในตัวผู้เรียนโดยการใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากสังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสบการณ์เดิม มาเป็นเกณฑ์ช่วยในการตัดสิน

3) ความรู้และความเชื่อของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์

4) ที่ผู้เรียน ได้ประสบมา ซึ่งจะถูกใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแนวคิดใหม่

5) ความเข้าใจจะแตกต่างจากความเชื่อและความเชื่อจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างแนวคิด

6) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแนวคิดต่าง ๆของผู้เรียน

ทิศนา แขมมณี (2542) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดสร้างสรรค์ความรู้นิยมจะต้องมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

1) จุดมุ่งหมายหรือความต้องการของผู้เรียน

2) ความรู้เดิมหรือสิ่งที่มีอยู่เดิมของผู้เรียน

3) สาระความรู้หรือสิ่งใหม่ที่จะเรียน

สมชาย รัตนทองคำ (2558) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ดังนี้

การสร้างความรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้นิยม คือ ความขัดแย้งทางปัญญา ดังนั้น หน้าที่หลักของครูผู้สอนในแนวของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้นิยม จะต้องหากลวิธีกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก ในวงจรการสร้างความรู้ใหม่ของผู้เรียนในโครงสร้างทางปัญญา และโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมสำหรับปัญหาใหม่ต่อไปเรื่อย ๆ อย่างไม่รู้จบสิ้น จากแนวคิดหลักของปรัชญาสร้างสรรค์ความรู้นิยมดังกล่าว สามารถสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

1. ความรู้ คือ โครงสร้างทางปัญญาที่บุคคลสร้างขึ้น เพื่อคลี่คลายปัญหาสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่โดยมีการตรวจสอบว่า สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ปัญหาอื่นๆ ที่อยู่ในกรอบโครงสร้างเดียวกันได้

2. ผู้เรียนเป็นผู้สร้างสรรค์ความรู้ด้วยวิธีการต่างๆกัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ และแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้นการเรียนรู้

3. ผู้สอนมีหน้าที่จัดการให้ผู้เรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนเอง ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้น ทางการเรียนรู้ต่อไปนี้

1) สถานการณ์เป็นปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

2) ความขัดแย้งทางปัญญา เป็นแรงจูงใจให้เกิดกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น

4. การไตร่ตรองของผู้เรียนนั้น เกิดบนฐานแห่งประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ภายใต้ การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า บทบาทของครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกและเป็นสื่อกลางในการเรียนรู้ ออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยความขัดแย้งทางปัญญาที่นำเสนอโดยครูจะสามารถทำให้นักเรียนตระหนักถึงความเข้าใจผิดของตนเอง

สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีความหมาย และบทบาทของผู้เรียนความรู้ต่างๆจะถูกสร้างขึ้นภายในตัวผู้เรียนโดยการใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากสังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างความคิดของตนเองขึ้นมาใหม่จนกลายเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

**มโนมติทางวิทยาศาสตร์**

3.1 ความหมายของมโนมติ

Romey (1968) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นข้อสรุปสำคัญของกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า

Goodwin and Klausmeier (1975) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ดังนี้ มโนมติจะบอกให้ เราทราบถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุเหตุการณ์หรือกระบวนการ ซึ่งทำให้เราสามารถแยกสิ่งต่าง ๆ นั้นออกจากสิ่งอื่น ๆ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถเชื่อมโยงเข้ากับกลุ่มสิ่งของประเภทเดียวกันได้

เบญจพร อินทรสด (2553) ได้ให้ความหมายมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้บุคคลนั้นจึงนำการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา จะทำให้เกิดมโนมติซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือ ปรากฏการณ์นั้นและทำให้เขามีความรู้ขึ้น

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553) กล่าวว่ามโนมติคือ เป็นความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับกับสิ่งนั้น เรื่องนั้นหรือเกิดจากการสังเกต แล้วใช้คุณสมบัติหรือลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

จากการศึกษาความหมายของมโนมติสามารถสรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ของบุคคลที่จะสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเกิดจาการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องราวหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะที่เกี่ยวกับเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็นข้อสรุป หรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นและสามารถแยกแยะสิ่งนั้น ๆ ออกจากสิ่งอื่น ๆ ได้ชัดเจน

3.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Mungsing (1993) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิด จากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือ ได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ จนเรียนรู้และสรุปเป็นความเข้าใจเรื่องนั้น ๆ ของแต่ละบุคคล มโนมติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อเนื่องกันระหว่างมโนมติหนึ่งๆ ซึ่ง อาจเกิดมโนมติหลายๆ มโนมติที่นำมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล โนมติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่ผู้ศึกษาจะเข้าใจตรงกันและช่วยให้เข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจจะสรุปรวม ลักษณะที่สำคัญๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีมโนมติต่อสิ่งใด สิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้น ๆ

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่ บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่าซึ่ง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะธรรมชาติของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of scientific knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอหาก มีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

เบญจพร อินทรสด (2553) มโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภท หนึ่งที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจ ของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องมีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยจะต้อง เน้นการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์คือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดในวิชาที่ได้จากข้อเท็จจริง และข้อมูลที่ได้มานั้นมาจากการทดลองแล้ว ใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น นำมาประมวลสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุป

สังวาลย์ อติรัตนวงษ์ (2556) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใคเรื่องหนึ่งที่ ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ นักวิทยาศาสตร์สรุปความคิดเห็นร่วมกัน

ณัฐริกา ผายเมืองฮุง (2558) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการศึกษา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นข้อสรุปร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์

หรือความคิดหลักที่คนเรามี ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล

จากความหมายมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการทางความคิด ความเข้าใจ สังเกตปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม แล้วนำมาประมวลสรุปผลเป็นข้อสรุปที่เห็นด้วยร่วมกัน

3.3 เกณฑ์การจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Westbrook and Marek (1991) ได้ให้ความหมายของความเข้าใจมโนมติ หมายถึง ระดับความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ของซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

Mungsing (1993) ได้ให้ความหมายของความเข้าใจมโนมติหมายถึงความคิดหรือความเข้าใจของนักเรียนในมโนมติโดยใช้เกณฑ์จากงานวิจัยของและได้แบ่งความเข้าใจมโนมติของ นักเรียน 5 ระดับ ได้แก่

1) ความเข้าใจมโนมติระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดย Mungsing (1993)

| ระดับความเข้าใจมโนมติ | แนวคำตอบ | คะแนน |
|---|---|---|
| ความเข้าใจมโนมติระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) | คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด | 4 |
| ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) | คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน<br>หมายเหตุ : นักเรียนให้องค์ประกอบที่สำคัญบางประการ | 3 |
| ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) | คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน<br>หมายเหตุ : นักเรียนให้องค์ประกอบที่สำคัญเพียง 1 ประการ | 2 |
| ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) | คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด<br>หมายเหตุ : นักเรียนให้องค์ประกอบที่สำคัญผิด | 1 |
| ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) | คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 |

Haidar (1997) ได้ให้เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ การพิจารณาให้คะแนนแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1) มโนมติเชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2) มโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องเป็นที่ยอมรับกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) มโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding With a Specific Misconception, PU&SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ และมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์

4) มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception, SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ยอมรับและไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5) ไม่เข้าใจแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (No understanding, NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

Madu and Orji (2015) ได้ให้เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Sound Conception : SU) คำตอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุม นักเรียนสามารถปรับโครงสร้างความคิดของตนและให้คำอธิบายที่สอดคล้องเกี่ยวกับปรากฏการณ์ได้

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Transitional Conception : PU) คำตอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้บางส่วนเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือแนวคิดเท่านั้น แม้ว่าแนวคิดจะไม่ได้รับการอธิบายอย่างครบถ้วน แต่ก็พอเห็นถึงความเข้าใจบางอย่าง

3) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) นักเรียนให้มุมมองที่ง่ายๆ และผิดพลาด โดยทั่วไป นักเรียนมักจะอธิบายเป็นเส้นตรงมากกว่าที่จะเห็นปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ คำตอบเหล่านี้แสดงถึงการขาดความเข้าใจในปรากฏการณ์หรือแนวคิดนั้น

4) ความไม่เข้าใจ (No Conception : NC) นักเรียนไม่สามารถให้คำตอบได้ โดยนักเรียนยอมรับว่าเคยได้ยินข้อมูลนั้นแต่ไม่สามารถประเมินได้ กล่าวคือ การให้เหตุผลของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือไม่เกี่ยวข้อง หรือไม่มีการตอบกลับ

Mufit et al. (2020) ได้ให้เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Sound Understanding) คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบถ้วน และมั่นใจ

2) ความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding) คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบถ้วน

3) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception) คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกหรือไม่ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน แต่มีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิด

4) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน(Specific Misconception) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding) นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ หรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

ตารางที่ 3 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดย Mufit et al. (2020)

| ระดับความเข้าใจแนวคิด | รหัสประจำระดับความเข้าใจแนวคิด | เกณฑ์การตอบคำถาม | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คำถามในข้อสอบปรนัย | ระดับความมั่นใจของผู้ตอบ | เหตุผลที่ผู้ตอบถูกจัดอยู่ในระดับความเข้าใจแนวคิดนั้น |
| ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Sound Understanding) | SU | ถูกต้อง | แน่ใจหรือค่อนข้างแน่ใจ | การให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบถ้วน และมั่นใจ |
| ความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding) | PU | ถูกต้อง | แน่ใจหรือค่อนข้างแน่ใจ | นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่ครบถ้วน |

| ระดับความเข้าใจแนวคิด | รหัสประจำระดับความเข้าใจแนวคิด | เกณฑ์การตอบคำถาม | | |
|---|---|---|---|---|
| | | คำถามในข้อสอบปรนัย | ระดับความมั่นใจของผู้ตอบ | เหตุผลที่ผู้ตอบถูกจัดอยู่ในระดับความเข้าใจแนวคิดนั้น |
| ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception) | PUSM | ถูกหรือผิด | แน่ใจหรือค่อนข้างแน่ใจ | คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกหรือไม่ถูกต้อง สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน แต่มีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิด |
| ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception) | SM | ถูกหรือผิด | ไม่แน่ใจหรือค่อนข้างไม่แน่ใจ | คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน |
| ความไม่เข้าใจ (No Understanding) | NU | ถูกหรือผิด | ไม่แน่ใจหรือค่อนข้างไม่แน่ใจ | นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ หรือตอบคำถามได้ไม่ตรงประเด็น |

จากการศึกษาเกณฑ์ความสอดคล้องกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek (1991) ได้แก่

1. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ ให้ 4 คะแนน เช่น อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎี สมการที่ใช้ในการคำนวณ การแสดงวิธีคิด

2. กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 3 คะแนน

3. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูก แต่ส่วนการให้เหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบาย ให้ 2 คะแนน

4. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบปรนัยผิดและส่วนการให้เหตุผลของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 1 คะแนน

5. กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงข้อคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชา ฟิสิกส์

| ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | คำตอบส่วนที่ 1 ปรนัย | คำตอบส่วนที่ 2 อัตนัยหรือส่วนให้เหตุผล |
|---|---|---|
| ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) | ถูกต้อง | ให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ เช่น อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎี สมการที่ใช้ในการคำนวณหรือการแสดงวิธีคิด |
| ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) | ถูกต้อง | การให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน เช่น อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎี แต่ไม่สามารถอธิบายสมการที่ใช้ในการคำนวณหรือการแสดงวิธีคิดได้ |
| ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) | ถูกต้อง | ส่วนการให้เหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายส่วนการให้เหตุผล |
| ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative | ไม่ถูกต้อง | ส่วนการให้เหตุผลของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด |

| ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | คำตอบส่วนที่ 1 ปรนัย | คำตอบส่วนที่ 2 อัตนัยหรือส่วนให้เหตุผล |
|---|---|---|
| Conception, AC) | | |
| ไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) | ไม่ถูกต้อง/ไม่มีคำตอบ | คำตอบของนักเรียนไม่ตรงข้อคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม |

3.4 เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Odum and Barrow (1995) กล่าวว่า แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยโอดัมและเคลลีได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัด มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Odum and Kelly, 2001) สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัด มโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบและการสัมภาษณ์

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier Multiple-Choice Format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content Question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผล สนับสนุน แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

1) เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษา มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
2) เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด
3) นำแบบวัดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมในแต่ละมโนมติที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่งคำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ให้ บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเลือกเหตุผลจากตัวเลือกที่กำหนดให้ และลักษณะที่ 2 ให้บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล

สุวิทย์ มูลคำ (2551) กล่าวว่า การวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังจากผู้สอนจัด กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงมโนมติจำเป็นต้องตรวจสอบความคิดเชิงมโนมติหรือความคิดรวบยอดของผู้เรียน โดยสามารถสรุปความสามารถของผู้เรียนที่เกิดความคิดรวบยอดแล้วได้ ดังนี้

1. บอกระบุเรียกชื่อความคิดรวบยอดนั้นได้
2. คัดเลือกจำแนกแยกแยะยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดนั้นได้
3. บอกลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของความคิดรวบยอดนั้นได้
4. บอกลำดับขั้นของความคิดรวบยอดนั้น (ลำดับขั้นที่สูงกว่าลำดับขั้นที่อยู่ ในกลุ่มเดียวกัน และลำดับขั้นที่ต่ำกว่า) ได้
5. อธิบาย สรุป ความหมายคำจำกัดความของความคิดรวบยอดนั้นจากความรู้ความเข้าใจของตนด้วยภาษาคำพูดของตนเองได้

ชนาธิป พรกุล (2554) กล่าวว่า การวัดผลการเรียนรู้มโนมติมีหลายระดับตั้งแต่ระดับที่มีความซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมากโดยแบ่งระดับการวัดผลออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความสามารถในการระบุลักษณะสำคัญและไม่ใช่ลักษณะสำคัญ
2. ความสามารถในการจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง
3. ความสามารถในการระบุกฎของมโนมติ
4. ความสามารถในการใช้มโนมติในสถานการณ์อื่น

ชุติมา รอดสุด (2550) สรุปว่าแนวทางการวัดมโนมติได้ดังนี้

1. ใช้แบบวัดมโนมติแบบอัตนัย

2. ใช้แบบวัดมโนมติแบบปรนัยตอนเดียว (One-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ (Distracter) ให้เพื่อนำไปสู่ข้อคำถาม

3. ใช้แบบวัดมโนมติแบบสองตอน

3.1 แบบมโนมติแบบปรนัย 2 ตอน (Two-tier-multiple-choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่ เลือกในตอนที่หนึ่ง

3.2 แบบมโนมติแบบ 2 ตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นแบบปรนัยของข้อคำถามเชิง

เนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

4. ใช้วิธีสอบปากเปล่า (Oral test) ขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสรุปได้ดังนี้

4.1 ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

4.2 สร้างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple-choice format) คือ

4.2.1 ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว

4.2.2 ตอนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

4.2.2.1 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรกสร้างขึ้นจากการศึกษามโนติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

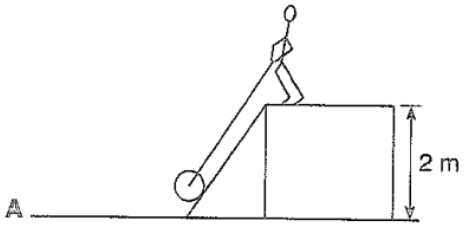
4.2.2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

Trumper (1997) ได้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก 2 ลำดับ (two-tier multiple-choice test) เรื่อง พลังงาน วิชา ฟิสิกส์ ส่วนที่ 1 การวัดความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบ

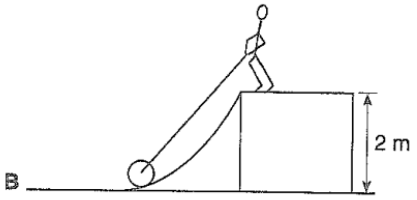
ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ภาพแสดงชายคนหนึ่งกำลังยกลูกกลิ้งหนักจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งโดยใช้เชือกดึงขึ้นตามแผ่นไม้ที่ต่างกันข้อความต่อไปนี้เกี่ยวกับปริมาณพลังงานที่เขาใช้ในแต่ละกรณี ทำเครื่องหมายถูกในช่องข้างข้อความที่คุณเห็นด้วย

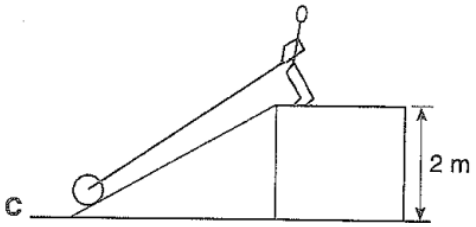
1. พลังงานที่เขาใช้ในการยกลูกกลิ้งบนแผ่นไม้ A น้อยที่สุด




2. พลังงานที่เขาใช้ในการยกลูกกลิ้งบนแผ่นไม้ B น้อยที่สุด




3. พลังงานที่เขาใช้ในการยกลูกกลิ้งบนแผ่นไม้ C น้อยที่สุด




4. พลังงานที่เขาใช้ในการยกลูกกลิ้งนั้นเท่ากันไม่ว่าจะใช้แผ่นไม้ใด

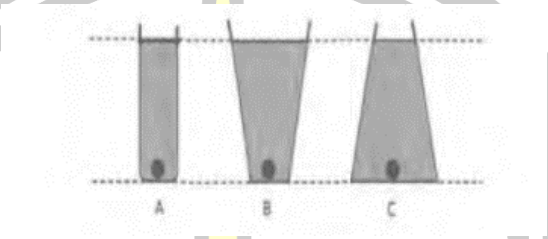
เหตุผลที่เลือกตอบ

.....

.....

Mufit and Fauzan (2023) ได้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก 2 ลำดับ (two-tier multiple-choice test) เรื่อง ของไหล จำนวน 16 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกของคำตอบชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นการเลือกแสดงความมั่นใจของคำตอบ และส่วนที่ 3 เป็นการเขียนเหตุผลประกอบที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : จากภาพแสดงลูกบอลที่ถูกโยนลงไปในภาชนะที่มีรูปร่างแตกต่างกัน 3 รูปแบบ จงหาว่า แรงดันที่ลูกบอลกระทำต่อภาชนะแต่ละแบบจะแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่าง อธิบายเหตุผลและเขียนสมการที่ใช้คำนวณแรงดัน




ตัวเลือกคำตอบ

ก. แรงดันที่ลูกบอลกระทำต่อภาชนะ A น้อยที่สุด

ข. แรงดันที่ลูกบอลกระทำต่อภาชนะ B มากกว่า C

ค. แรงดันที่ลูกบอลกระทำต่อภาชนะ C มากกว่า B

ง. แรงดันที่ลูกบอลกระทำต่อภาชนะทุกแบบเท่ากัน

ระดับความมั่นใจ

ก. มั่นใจมาก ข. มั่นใจปานกลาง ค. ไม่ค่อยมั่นใจ ง. ไม่มั่นใจ

อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

ชนะพงศ์ คำทา (2560) ได้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก 2 ลำดับ (two-tier multiple-choice test) เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จำนวน 15 ข้อ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การวัดความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบ

ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : หากต้องการเพิ่มกระแสไฟฟ้าในขดลวดโดยมีความเร็วลอยเลื่อน $V_d$ ต้องเพิ่มปริมาณใดบ้าง จงอธิบาย

ก. เพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนและลดพื้นที่หน้าตัด ข. ลดจำนวนอิเล็กตรอนและลดพื้นที่หน้าตัด

ค. เพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนและเพิ่มพื้นที่หน้าตัด ง. ลดจำนวนอิเล็กตรอนและเพิ่มพื้นที่หน้าตัด

เพราะ

.....

.....

กมลภัทร พึ่งปาน (2562) ได้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก 2 ลำดับ (two-tier multiple-choice test) เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จำนวน 15 ข้อ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การวัดความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบ

ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ถ้านักเรียนมีหลอดไฟจำนวน 4 หลอด ทุกหลอดมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ นักเรียนจะต้องต่อวงจรอย่างไร เพื่อให้ได้ความสว่างมากที่สุดและเหมาะสำหรับการต่อหลอดไฟฟ้าในบ้านมากที่สุด เพราะอะไร

ก. แบบอนุกรม แบบผสม

ค. แบบขนาน แบบใดก็ได้

เพราะ

.....

.....

จากการศึกษาแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่าการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีผ่านการสัมภาษณ์หรือการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบหลากหลายชนิด ได้แก่ แบบทดสอบชนิดเขียนตอบ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ โดยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบหรือการใช้วิธีการวัดหลายๆวิธีร่วมกัน เช่น การสัมภาษณ์และการทดสอบด้วยคำถามชนิดปลายเปิด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้แบบวัดประเมินผลโดยแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักการออกแบบตามแนวคิดของ Treagust et al. (1998) ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือคำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกที่สุด 1 คำตอบและตัวเลือกอื่นๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงมโนมติที่คลาดเคลื่อนและส่วนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยเป็นส่วนที่ให้แสดงเหตุผลในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1

**ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

4.1 ความหมายของสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่จะต้องอาศัยทักษะหรือก็ต้องอาศัยความรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง (2548) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดจากพฤติกรรมการกระทำกิจกรรมของแต่ละบุคคลที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาซึ่งสามารถสังเกตและสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่าง ๆ

สุวิชา วันสุดล (2554) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความรู้ความสามารถของนักเรียน ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถวัดได้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนมาแล้ว เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด ข้อตกลง หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย การตีความ รวมไปถึงการขยายความจากความรู้ที่ได้เรียนมาโดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
3. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมา และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยพบหรือต่างจากที่เคยเรียนมาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิดหรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

สมนึก ภัททิยธนี (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วมี 2 ประเภทคือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐานล้วน

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับมาซึ่งทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านของทักษะความรู้ ความสามารถ และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกจากตัวนักเรียนเอง

4.2 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2526) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสำเร็จในการเรียนของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอบ ดังนี้

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าวในรูปการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงานได้โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ ข้อสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์

นิภา เมธธาวิชัย (2536) ได้นิยามความหมายว่า การวดัผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นวิธีการตรวจสอบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้เพียงใดภายหลังจากที่ได้เรียนไปแล้ว โดยใช้แบบทดสอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ยึดแนวทางของ Klopfe (1985) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้จากพฤติกรรม 4 ด้านเป็นหลัก คือ ความรู้ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

1.1. พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีความจำในเรื่องต่าง ๆที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหนังสือและการฟังจากคำบรรยาย

1.2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำ

1.3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ ผู้เรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการดำเนินการโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย การพิจารณาด้านจิตพิสัยของผู้เรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น พิจารณาจากพฤติกรรมด้านความรู้สึกอารมณ์ และระดับการยอมรับหรือปฏิเสธ แต่อย่างไรก็ตามมิได้รวมถึงพฤติกรรมด้านความรู้สึกทั้งหมดที่ควรจะเกิดขึ้นในตัว นักเรียนวิทยาศาสตร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรวัดเพื่อวิเคราะห์ ผู้เรียนก่อนเรียน และวัดความสำเร็จหลังเรียน ดังนี้

1. วิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน เป็นหน้าที่ของครูผู้สอนในแต่ละวิชาเพื่อตรวจสอบความรู้ ทักษะและความรู้ต่าง ๆ ของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่เหมาะสมแล้วนำผลการประเมินมาเตรียมผู้เรียนทุกคนให้มีความพร้อมและมีความรู้พื้นฐาน ซึ่งจะช่วยให้การจัดกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้เป็นอย่างดี แต่จะไม่นำผลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาตัดสินผลการเรียนมีแนวปฏิบัติดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความรู้ ทักษะที่เป็นพื้นฐานของเรื่องที่จะเรียนรู้

1.2 เลือกวิธีการและเครื่องมือสำหรับวัดความรู้และทักษะพื้นฐานอย่างเหมาะสมการใช้แบบทดสอบ การซักถาม การสอบถามผู้ที่เคยสอน การพิจารณาแฟ้มสะสมงาน เป็นต้น

1.3 ดำเนินการประเมินความรู้และทักษะพื้นฐานของผู้เรียน

1.4 นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียน เช่น จัดการเรียนรู้พื้นฐานสำหรับผู้ที่ตองการความช่วยเหลือ และเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ เป็นต้น

2. วัดความสำเร็จหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อมุ่งตรวจสอบความสำเร็จของผู้เรียน เป็นการวัดและประเมินผู้เรียนที่ได้เรียนจบแล้ว เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรูของผู้เรียนตามตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้พัฒนาการของผู้เรียนเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการประเมินวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียนทำให้สามารถประเมินศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน และประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ข้อมูลได้จากการวัดความสำเร็จของผู้เรียนภายหลังการเรียน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงแกวิธีการเรียนของผู้เรียน การพัฒนากระบวนการเรียนรูของผู้สอนหรือซ่อมเสริมผู้เรียนให้บรรลุตัวชี้วัด หรือผลการเรียนรู การประเมินความสำเร็จหลังเรียนนี้จะสอดคล้องกับ

การประเมินวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนการเรียนการสอน หากใช้วิธีการและเครื่องมือประเมินชุดเดียวกันหรือคู่ขนานกัน เพื่อดูพัฒนาการของผู้เรียนได้ชัดเจน

วนิดา ดีแป้น (2553) ได้กล่าวว่า การวัดและการประเมินผลการเรียน คือ กระบวนการตรวจสอบผู้เรียนว่าได้พัฒนาไปถึงจุดหมายปลายทางของหลักสูตรและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่าผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยการวัดและการประเมินผลการเรียนมีจุดประสงค์คือ การจัดตำแหน่งเพื่อเป็นการวัดว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้หรือทักษะเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดเด่นจุดด้อยของผู้เรียน เป็นการประเมินพัฒนาการของเด็ก แล้วนำไปทำนายเพื่อเป็นการแนะแนวทางในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ นำไปประเมินค่าซึ่งจะกระทำเมื่อการสอนสิ้นสุดลง

จากการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพิจารณาถึงพฤติกรรมของการวัดที่สอดคลองกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนซึ่งการวัดผลที่มีประสิทธิภาพ ต้องวัดให้ตรงตามจุดประสงค์และครอบคลุมเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียน สามารถวัดได้จากการใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือกระบวนการที่ไม่ต้องใช้แบบทดสอบ เช่น การสังเกต จากงานที่ได้รับมอบหมายจะเห็นว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปแบบของคะแนนหรือเกรดที่ได้จากการเรียน

4.3 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

Anderson and Krathwohl (2001) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่าอนุกรมวิธานการเรียน การสอน และการประเมิน หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom’s Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึง กระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัย ซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผัง

3. ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

4. ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมา

5. ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking)

6. ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถนำส่วนย่อย ต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อย เข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึง ผลงานทางวิชาการของ เบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) ที่มีชื่อ อนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็ คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้ แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1) ความรู้ความจำ เป็นความสามารถในการระลึกได้ถึงเรื่องราวที่ผ่านมาและสามารถถ่ายทอดออกมาได้อย่างถูกต้อง เช่น นักเรียนสามารถบอกสูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ นักเรียนสามารถบรรยายขั้นตอนการตอนกิ่งได้ นักเรียนสามารถบ่งชี้โทษของบุหรี่ได้

2) ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการผสมผสานความรู้ความจำแล้วถ่ายทอดออกมาในอีกลักษณะหนึ่งที่ไม่เหมือนเดิมโดยที่ความหมายเดิมไม่เปลี่ยนแปลงไป มี 3 ลักษณะ คือ การแปลความ การตีความ และการขยายความ เช่น นักเรียนสามารถแปลความบทร้อยกรองให้เป็นร้อยแก้วได้ นักเรียนอ่านแผนผังที่กำหนดให้ได้ นักเรียนคาดคะเนแนวโน้มของข้อมูลจากกราฟที่กำหนดให้ได้

3) การนำไปใช้ เป็นความสามารถนำความรู้ความจำและความเข้าใจไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์แปลกๆ ใหม่ๆ ได้ เช่น นักเรียนสามารถแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการคูณได้ นักเรียนสามารถใช้คำราชาศัพท์ได้เหมาะสมกับสถานการณ์

4) การวิเคราะห์ ความสามารถในการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่แฝงอยู่ในสิ่งนั้น เช่น นักเรียนสามารถบอกสาเหตุสำคัญของปัญหา มลภาวะเป็นพิษในปัจจุบันได้ นักเรียนสามารถตั้งชื่อเรื่องจากบทความที่กำหนดให้อ่านได้

5) การสังเคราะห์ ความสามารถในการรวบรวมสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วเกิดเป็นสิ่งใหม่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม เช่น นักเรียนสามารถเขียนเรียงความได้ นักเรียนสามารถวางแผนการจัดแสดงละครได้

6) การประเมินค่า ความสามารถในการตัดสินคุณค่าสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีกฎเกณฑ์ เช่น นักเรียนสามารถตัดสินความน่าเชื่อถือจากข่าวที่กำหนดให้อ่านได้ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารจากการสังเกตการปฏิบัติการปรุงอาหารแต่ละครั้งได้

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า จากอนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย สามารถแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ให้ดียิ่งขึ้น โดยวัดผลด้านพุทธิพิสัยในระดับความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ เพื่อให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.4 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2531) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนไปแล้วมักเขียนเป็นคำถามให้นักเรียนตอบ ด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้ได้ 2 พวก คือ

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในห้องเรียนว่ามีความรู้แค่ไหนบกพร่องส่วนไหนจะได้ซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดความพร้อมของนักเรียนที่จะเรียนใหม่ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาหรือครูผู้สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้นสามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการสอนเรื่องใด ๆ ก็ได้แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกถึงวิธีการสอบและยังมีมาตรฐานในการแปลคะแนนด้วยทั้งนี้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐานวิธีการในการสร้างข้อคำถามเหมือนกันเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอนไปแล้วจะเป็นพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามได้ ซึ่งการจัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. วัดด้านความรู้ความจำ
2. วัดด้านความเข้าใจ

3. วัดด้านการนำไปใช้

4. วัดด้านการคิดวิเคราะห์

5. วัดด้านการสังเคราะห์

6. วัดด้านการประเมินค่า

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้จัดประเภทแบบทดสอบไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบปากเปล่า เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามากถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

2. แบบเขียนตอบ เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัด แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียงหรืออัตนัย เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเองในการแสดงทัศนคติ ความรู้สึกและความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดีแต่มีข้อเสียที่การให้คะแนนซึ่งอาจไม่เที่ยงตรงทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2 แบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ แบบปฏิบัติ เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่น การทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การ เรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essey Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และเขียนข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-False Test) คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือกแต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่ จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยค

หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำแต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆเขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีค่าหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้พิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบ เลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน

ชวลิต ชูกำแพง (2550) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. แบบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่เขียนคำถามโดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาในรูปใดรูปหนึ่งเพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็นได้อย่างไม่จำกัด คำตอบของข้อสอบแบบอัตนัย มีลักษณะและปริมาณไม่แน่นอน การตอบข้อสอบแบบอัตนัยจึงต้องจัดระเบียบ คำตอบภายในเวลาที่กำหนดให้ ใช้สำนวนภาษาและแบบฉบับของตนเองเขียนตอบ เขียนคำตอบให้ครอบคลุมอย่างสมบูรณ์และระมัดระวังการตรวจให้คะแนน ผู้ที่ตรวจต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชานั้นต้องอาศัยทักษะและความพยายามในการอ่านและทำใจให้เป็นกลางในการตรวจ

2. แบบเติมคำ เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่เขียนประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความสำหรับให้เติมคำหรือข้อความเพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่างอาจจะเว้นที่ว่างให้เติมมากกว่าหนึ่งแห่ง

3. แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบ ส่วนคำถามเป็นข้อความปัญหาเขียนเป็นประโยคคำถาม ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลาย ตัวเลือกมีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิดเรียกว่าตัวลวงข้อสอบแบบเลือกตอบจึงเป็นข้อสอบชนิด

ที่มีคำตอบกำหนดไว้ให้ก่อนแล้วผู้ตอบเลือกตอบตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งหรือหลายตัวเลือกแล้วแต่ เงื่อนไขคำถาม

4. แบบถูกผิด ลักษณะของข้อสอบจะเขียนข้อความที่เป็นสถานการณ์ซึ่งมีทั้งถูกหรือผิดคละกันไป รูปแบบคำถามจำแนกเป็น แบบคำถามเดี่ยว แบบคำถามขยาย และแบบคำตอบผสมโดยให้พิจารณาว่าคำถามหรือข้อความนั้นถูกหรือผิด

5. แบบจับคู่ ลักษณะของข้อสอบประกอบด้วยคำถาม เขียนเป็นตัวยืนไว้ในสดมภ์ซ้ายมือโดยมีที่ว่างเว้นไว้หน้าข้อเพื่อให้ผู้ตอบเลือกหาคำตอบที่เขียนไว้ในสดมภ์ขวามือ รูปแบบคำถามสามารถจำแนกได้เป็น แบบหาความสัมพันธ์ แบบตัวเลือกคงที่ และแบบจัดเรียงลำดับ

ไพศาล วรคำ (2562) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบตามการตรวจให้คะแนนสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำหรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่นแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

สรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนก จึงมีการสร้างแบบทดสอบหลากหลายได้แก่ ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียงข้อสอบแบบกาถูก กาผิด ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบแบบจับคู่ และข้อสอบแบบเลือกตอบ ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ใช้แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

4.5 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบ ดังนี้

Ebel and Frisbie (1965) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบย่อยระหว่างเรียน ทดสอบรวมปลายภาคเรียน ทดสอบเพื่อวินิจฉัยทดสอบเพื่อคัดเลือก เป็นต้น ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบสอบเพื่อจุดมุ่งหมายใด เมื่อไร เพื่อจะได้ออกข้อสอบที่เหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการ

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น ในการสอบแต่ละครั้งครูจะต้องกำหนดว่า จะวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยหรือทักษะพิสัย การทดสอบความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของ การเรียนการสอน จำนวนข้อสอบในเนื้อหาสาระแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักความสำคัญ และเนื้อหาในตอนนั้น ๆ วิธีการที่จะช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้คือ การจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอน และองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะเนื้อหาวิชาธรรมชาติ ของผู้สอบ เป็นต้น ข้อสอบแต่ละแบบจะมีลักษณะเด่นและลักษณะด้อยแตกต่างกันไป

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งมายในการสอบ เช่น ทดสอบ ย่อยหรือทดสอบรวม ระดับชั้นของผู้เรียน ธรรมชาติของวิชา โดยทั่วไปเวลาสอบที่มีความยาว จะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ข้อสอบควรเป็นตัวแทนของสิ่ง ที่ได้สอบไปแล้ว แต่ในการสอบบางครั้งนั้น ไม่สามารถที่จะวัดได้ครบทุกจุดประสงค์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของสิ่งที่สอนไปแล้วมาสอบวัด

6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ข้อสอบจะมีความยากง่ายระดับใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบสอบถ้าต้องการใช้แบบสอบเพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง ของนักเรียน หรือถ้าเป็นแบบสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียน ข้อสอบควรมีความยาก ง่าย ปานกลางเพื่อให้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูกและนักเรียนอีกครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบ มีอำนาจจำแนกสูง

7. กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน ในบางครั้งแบบสอบจะมีข้อสอบ หลายๆ รูปแบบ เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติม ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบลงมือปฏิบัติหรือข้อสอบอัตนัย ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบ ให้ชัดเจน เช่น ให้ให้ทำในตัวข้อสอบหรือให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยแยกเป็นตอนไม่ปะปนกัน ทั้งนี้ ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย เช่น ตรวจด้วยมือหรือตรวจด้วยเครื่อง

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจง

และแปรความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาขั้นแรกจะต้องทำการวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และที่จะต้องวัดแต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาให้ชัดเจน

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อพฤติกรรมดังกล่าวคือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้วต่อมาพิจารณาว่าจะต้องออกข้อสอบเกินไว้ข้อละกี่ข้อควรออกเกินไว้ไม่ต่ำกว่า 25% ทั้งนี้หลังจากที่นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้วจะตัดข้อที่ไม่มีคุณภาพ ไม่เข้าเกณฑ์ออกข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกว่าข้อสอบที่ต้องการจริง

3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นที่ 2 ของการวางแผนสร้างข้อสอบ เช่น ศึกษาหลักในการเขียนคำถามแบบนั้น ๆ ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบเพื่อจุดประสงค์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบของตน

4. เขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามตารางที่กำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและใช้รูปแบบการเขียนตามที่ศึกษาในขั้นตอนที่ 3

5. ตรวจทานข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วในขั้น 4 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้งโดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชา แต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะเข้ากับเกณฑ์หรือไม่ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและด้านเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาว่าข้อสอบในแต่ละข้อวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้นั้นหรือไม่ ถ้ามีข้อที่ไม่เข้าเกณฑ์ควรพิจารณาปรับปรุงให้เหมาะสม เว้นแต่จะไม่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างชัดเจน

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุง

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริงนำข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์จากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 8 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงต่อไป โดยเน้นการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง คำชี้แจงที่ละเอียดแจ่มชัดผู้อ่านเข้าใจง่าย

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ ควรมีการทดสอบอย่างน้อย ภาคเรียนละ 2 ครั้ง

2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม แบบสอบ ข้อเขียนแบบสอบเสนอคำตอบ แบบสอบความเร็ว และแบบสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรม การเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

2.4 การสร้างผังข้อสอบ เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบในแต่ละครั้ง

3. เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลา ข้อความและภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขั้ว เมื่อทดลองใช้แล้วนำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนก

ที่เหมาะสมนำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบ โดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. นำแบบทดสอบไปใช้
6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ด้านความเที่ยงและความตรง
7. ปรับปรุงแบบทดสอบ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องมีการวางแผน คำนึงถึงศักยภาพของนักเรียนและสร้างให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของหลักสูตรโดยการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ จนได้ทดสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

4.6 การหาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ปราณี หลำเบ็ญสะ (2559) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ครูผู้สอนต้องหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือดังกล่าวมีคุณภาพ ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัด เกี่ยวกับความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) รายละเอียด ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด เป็นความสอดคล้องระหว่างผลการวัดกับสิ่งที่ต้องการวัด ความตรงที่ใช้ในการทดสอบจำแนกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และ ความตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องโดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จะเกี่ยวข้องกับความตรงตามเนื้อหามากกว่าความตรงชนิดอื่น ๆ

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาค่า ความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบหรือข้อคำถามแต่ละข้อวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) จากสูตร

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

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

$N$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์ หรือตรงตามเนื้อหานั้น แสดงว่า ข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้

2. ความเชื่อมั่น ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่วัดได้แต่ละครั้ง วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทำได้หลายวิธีคือ

1. วิธีสอบซ้ำ
2. วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน
3. วิธีหาความสอดคล้องภายใน แบ่งเป็น
   - 3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ
   - 3.2 วิธีหาจากสูตรคูเดอร์และริชาร์ดสัน
   - 3.3 วิธีหาจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา

1. วิธีสอบซ้ำ

การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีสอบซ้ำ เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้ง โดยทิ้งช่วงห่างให้เหมาะสม (ประมาณ 2 สัปดาห์) การหาความเชื่อมั่น โดยวิธีนี้เป็นการตรวจสอบความคงที่ของการแสดงออกของผู้สอบสองครั้งว่า จะมีความคงที่หรือไม่ วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความแปรเปลี่ยนภายในตัวผู้สอบในระหว่างทิ้งช่วงการสอบ ดังนั้น การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้ควรนำไปใช้กับแบบทดสอบวัดคุณลักษณะที่ค่อนข้างจะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนโดยง่าย

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน

การหาความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน เป็นการหาความสัมพันธ์ ของคะแนนจากการนำแบบทดสอบ 2 ฉบับที่เทียบเท่ากันไปสอบกับบุคคลกลุ่มเดียวกัน วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความเป็นคู่ขนานกันของแบบทดสอบ 2 ฉบับซึ่งสร้างได้ยาก

3. วิธีหาความสอดคล้องภายใน

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ

การหาความเที่ยงโดยวิธีนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนน จากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวและสอบเพียงครั้งเดียว โดยนำผลการสอบมาแบ่งเป็นข้อมูล 2 ชุด โดยอาจแบ่งเป็นข้อคู่ - ข้อคี่ แบ่งเป็นครึ่งฉบับแรกครึ่งฉบับหลัง จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะได้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครึ่งฉบับ แล้วจากนั้นจึงนำไปปรับขยายเป็นสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรของสเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman Brown) ดังนี้

$$R_{tt} = \frac{2r_{mm}}{1 + r_{mm}}$$

เมื่อ $R_{tt}$ แทน ความเที่ยงขแบแบบทดสอบทั้งฉบับ

$r_{mm}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอดครึ่งฉบับ

3.2 วิธีหาจากสูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสัน

การหาความเที่ยงโดยวิธีนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนน จากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวและสอบเพียงครั้งเดียวโดยนำผลการสอบมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ ใช้สูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสันซึ่งเป็นการหาความเที่ยงของแบบทดสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ 0,1 (ผิด 0, ถูก 1) สูตรที่ใช้มี 2 สูตร คือ สูตร KR - 20 กับสูตร KR – 21 สูตร KR -20 ในกรณีที่ค่า ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อไม่เท่ากัน

$$R_{KR-20} = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right)$$

เมื่อ $R_{KR-20}$ แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

P แทน ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ (สัดส่วนที่ตอบถูก)

q แทน สัดส่วนที่ตอบผิด (1-p)

$S^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

$$s^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

สูตร KR-21 ในกรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบทุกข้อเท่ากันหรือไม่แตกต่างกันมาก

$$R_{KR-21} = \frac{K}{K-1}\left(\frac{1-\bar{X}(K-\bar{X})}{KS^2}\right)$$

เมื่อ $R_{KR-21}$ แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

X แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$S^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

สูตร KR - 20 และ KR - 21 นี้ใช้ได้เฉพาะการหาความเที่ยงของแบบทดสอบที่ให้คะแนนแต่ ละข้อเป็นแบบ 0 กับ 1 เท่านั้น สูตร KR - 21 ใช้ในกรณีข้อสอบทุกข้อมีค่าความยากเท่ากัน ซึ่งในทาง ปฏิบัติต้องพิจารณาเงื่อนไขที่เป็นจริงด้วย

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(1-\frac{\sum S^2}{S^2}1_t\right)$$

เมื่อ $\alpha$ แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

$S^2$ แทน ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ

$S^z$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

$K$ แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

การหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา สามารถหาได้โดยใช้ผลการสอบจาก แบบทดสอบฉบับเดียวนำไปสอบกับบุคคลกลุ่มเดียว และนำไปใช้กันได้อย่างกว้างขวาง โดยไม่จำกัด เฉพาะแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ 1 กับ 0

2) การวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อ โดยพิจารณาจากสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ความยาก อำนาจจำแนก และประสิทธิภาพของตัวลวง

1.1 ความยากของข้อสอบ

ความยากของข้อสอบ หมายถึง สัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบทั้งหมด หรือหมายถึงจำนวนร้อยละของผู้ตอบข้อสอบนั้น ๆ ถูก ตัวอย่าง เช่น ค่า p = 0.30 แสดงว่าจำนวนผู้ตอบ 100 คน มีผู้ที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูก 30 คน ค่าความยากง่ายจะมีค่า ระหว่าง 0 ถึง 1.00 สามารถหาได้จากสูตร

$$P = \frac{R_H - R_L}{N_H - N_L}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่าย

RH แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง

RL แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

NH แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง

NL แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ

ในการพิจารณาค่าความยากง่ายนั้น ถ้าข้อสอบมีค่าความยากง่ายสูง เช่น p = 0.95 แสดงว่า มีผู้ตอบถูกจำนวนมาก จึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่ายแต่ในทางกลับกัน ถ้าข้อสอบมีผู้ตอบถูกน้อย เช่น p = 0.15 แสดงว่า เป็นข้อสอบที่ยาก ข้อสอบที่ดีจะมีระดับความยากง่ายเท่ากับ 0.5 ซึ่งจะทำให้เกิดค่าอำนาจการจำแนกสูงสุดและมีความเชื่อมั่นสูง อย่างไรก็ตามในการสอบวัดความรู้ผลการเรียน โดยทั่วไป มักนิยมให้มีข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายในระดับต่าง ๆ ปะปนกันไป โดยจัดให้มีข้อสอบ มีค่าความยากง่ายพอเหมาะ (p มีค่าใกล้เคียง 0.5) เป็นส่วนใหญ่รวมทั้งให้มีข้อสอบที่ค่อนข้างยาก และค่อนข้างง่ายอีกจำนวนหนึ่ง แต่ถ้าเป็นการสอบแข่งขันเพื่อคัดเลือกผู้ที่มีความรู้ความสามารถควร มีสัดส่วนของข้อสอบที่ยากสูงขึ้น ทั้งนี้ ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 ในข้อสอบประเภท 4 ตัวเลือก ส่วนข้อสอบประเภทถูก – ผิด ค่าความยากง่าย ควรอยู่ระหว่าง 0.60 - 0.70 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย (p) ของข้อสอบ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543))

| ความยากง่ายของข้อสอบ (p) | ความหมาย |
|---|---|
| 0.81 – 1.00 | ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) |
| 0.60 – 0.80 | ค่อนข้างง่าย (ดี) |
| 0.40 – 0.59 | ยากพอเหมาะ (ดีมาก) |
| 0.20 – 0.39 | ค่อนข้างยาก (ดี) |
| 0 – 0.19 | ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) |

สรุปได้ว่า การหาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นการพิจารณาความ เหมาะสมความถูกต้องของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการตรวจสอบคุณสมบัติ และพัฒนาข้อสอบให้เป็นข้อสอบที่ดีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ข้อสอบวิเคราะห์ทั้งในด้าน คุณภาพ ได้แก่ ความเที่ยงตรงของคคำถามและความเหมาะสมของแบบทดสอบ

และด้านปริมาณ ได้แก่ ความยาก อำนาจจำแนก ในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ ได้แก่ ความเหมาะสม ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

5.1 งานวิจัยในประเทศ

จากการศึกษาและค้นคว้างานวิจัย พบว่า ในบริบทงานวิจัยในประเทศไทยไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและงานวิจัยที่ใช้ทฤษฎีในการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) โดยศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

อรนุช โวหารกล้าและพัดตาวัน นาใจแก้ว (2561) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 42 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการแบบอุปนัยเสริมด้วยกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา จำนวน 9 แผน แบบทดสอบวัดมโนมติแรงและกฎการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นข้อสอบแบบตัวเลือก 2 ลำดับขั้น วิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ของ Costu et al. (2012) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้ค่าเฉลี่ย ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบทีแบบไม่อิสระ การทดสอบของ McNemar และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีมโนมติแรงและการเคลื่อนที่หลังเรียน (mean = 27.69 หรือ 92.30%) สูงกว่าก่อนเรียน (mean = 5.69 หรือ18.97%) โดยหลังเรียนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่มีความเข้าใจสมบูรณ์ (SU) และความเข้าใจบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้น และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่เข้าใจ (NU) ลดลงกว่าก่อนเรียน

สุทธิรักษ์ นิลาลาด (2563) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติ ทักษะการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้

2) แบบวัดความเข้าใจมโนมติแบบ 2 ทาง จำนวน 7 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบอัตนัยเพื่อแสดงเหตุผลในการเลือก 3) แบบวัดทักษะ การคิดแก้ปัญหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยเป็นแบบวัดชนิดอัตนัยจำนวน 4 ข้อ 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และ 5) แบบสำรวจทัศนคติของนักเรียนต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ t - test dependent ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความเข้าใจมโนมติทักษะการคิดแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2563) ได้การศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบทดลอง ที่มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมและทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-Posttest Control Group Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 35 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน ที่มีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่า t ผลการวิจัย พบว่าผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นักเรียนกลุ่มทดลอง มีทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิรภูมิ สิงห์สถิตย์และทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน (2565). ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการดำเนินการ 2 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี โดย การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติ

จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส จำนวน 2 ชุด 3) แบบบันทึกหลังการสอนของครู 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 21 คนคิดเป็นร้อยละ 60.00 วงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ปาริชาติ สุทธิพันธ์และมังกร ศรีสะอาด (2565) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ให้มีความเข้าใจมโนมติอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจร การเรียนรู้เมตาคอกนิชัน จำนวน 7 แผน 2) แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม จำนวน 14 ข้อ 3) แบบสังเกตพฤติกรรม และ 4) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ใช้ข้อมูลจากแบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์นักเรียนในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 37.14 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 68.57 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.43

เครือมาศ วงศ์สุวรรณ (2566) ได้ทำการศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และศึกษาการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้คำถาม ผ่านการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนรวม 3 วงจรปฏิบัติการ โดยเริ่มจากการจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มมโนมติถูกต้อง (Good Conception) 2) กลุ่มมโนมติคลาดเคลื่อน (Alternative Conception) 3) กลุ่มมโนมติผิด (Misconception) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ครบทุกวงจร ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้แหล่งข้อมูลจากการทำตั๋วออกในแต่ละแผนการจัดการ เรียนรู้และการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ค่าทางสถิติ t-test แบบ Dependent และNormalized gain ผลการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นร่วมกับการใช้คำถาม ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล โดยแต่ละขั้นมีการใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน การจัดการเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นร่วมกับการใช้คำถามช่วยให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากร้อยละ 18.44 เป็น 93.59 มีมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนร้อยละ 0.31 เป็นร้อยละ 87.81 มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติผิดลดลงจากร้อยละ 36.25 และ 63.44 ของคะแนนก่อนเรียนเป็นร้อยละ 11.88 และ 0.31 ของคะแนนหลังเรียนตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นในระดับสูง

ธนัชพร อุทธา และคณะ (2566) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 80 ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) และศึกษาความพึงพอใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนนักเรียน 33 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) บทเรียนวิชาฟิสิกส์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แผนการจัดการเรียนรู้ 4) แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้กระบวน การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เรื่อง งานและพลังงาน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพนาศึกษา เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 2) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพนาศึกษา โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เรื่อง งานและพลังงาน มีความก้าวหน้าทางการเรียนมากกว่าร้อยละ 50 และ3) นักเรียนมีความพึงพอใจทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

เรื่อง งานและพลังงาน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

สุรีรัตน์ กาหลงและไพศาล วรคำ (2567) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 16 คน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งทำให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดองค์ความรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนจะยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่เกิดจริงในการเรียนการสอนและฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาทำให้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดีขึ้นทางสถิติและผลสัมฤทธิ์การเรียนเพิ่มขึ้นที่ระดับมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Mufit et al. (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับประยุกต์ใช้การวิเคราะห์วิดีโอการทดลอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่อง การเคลื่อนที่ โดยการวิจัยนี้ใช้ รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Pre-experimental design) แบบ One Group Pretest-Posttest Design มีการวัดผลก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คน จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งได้ถูกเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติ (Conceptual Understanding Test) เรื่องการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choice) พร้อมเหตุผล 2) สื่อวิดีโอการทดลองจริง ที่ใช้ในการเรียนรู้แบบ CCBL สถิติที่ใช้วิเคราะห์ คือ สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Normalized Gain (N-Gain) เพื่อวัดการพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียน ผลการศึกษา

ก่อนเรียนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิด เรื่อง การเคลื่อนที่ ทั้งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง วงกลม และพาราโบลา โดยนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดการเคลื่อนที่กับสมการที่อธิบายแนวคิดได้ และหลังเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในเรื่องการเคลื่อนที่ดีขึ้น หลังจากการเรียนรู้ด้วยโมเดล CCBL ร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง ค่าคะแนน N-Gain โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ ปานกลาง (Medium Category) เมื่อใช้การจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับประยุกต์ใช้การวิเคราะห์วิดีโอการทดลองช่วยให้นักเรียนสามารถเผชิญกับความขัดแย้งทางปัญญา เพื่อเปลี่ยนแปลงความเข้าใจผิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

Lestari (2020) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบค้นพบ เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติเรื่องความร้อนของนักเรียนสายอาชีวศึกษา โดยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือนักเรียนอาชีวศึกษาในอินโดนีเซีย จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1)สื่อการเรียนรู้ ที่ออกแบบตามหลัก Discovery Learning + Cognitive Conflict 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) 3) แบบสอบถามความคิดเห็นนักเรียนต่อสื่อการเรียนรู้ซึ่งสื่อการเรียนรู้นี้ได้รับการพัฒนาตามรูปแบบ Four D ซึ่งประกอบด้วย ขั้นกำหนด (Define) ออกแบบ (Design) พัฒนา (Develop) และเผยแพร่ (Disseminate) ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ได้รับมาจากหลักสูตร แผนการจัดการเรียนรู้ ใบงานนักเรียน และเครื่องมือวัดความเข้าใจเชิงมโนมติในรูปแบบคำถามแบบปรนัย สถิติที่ใช้ในงานวิจัย คือ สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ Paired Sample t-test เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังเรียนใช้ N-Gain เพื่อวิเคราะห์การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ จากผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบค้นพบมีความเที่ยงตรงและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน และมีประสิทธิภาพต่อความเข้าใจเชิงมโนมติของนักเรียนในระดับสูง นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังใช้สื่อที่พัฒนาสื่อที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพดีและเหมาะสมต่อการใช้งานในชั้นเรียน

Defrianti et al. (2021) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสื่อการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางความปัญญาเป็นฐานร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง เรื่อง โมเมนตัมและการดล โดยการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) ซึ่งเน้นการออกแบบและ

พัฒนาสื่อ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) ชุดการสอน ที่ออกแบบด้วยแนวทาง Cognitive Conflict โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับโมเมนตัมและแรงดล 2) วิดีโอการทดลองจริง ที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ 3) แบบประเมินคุณภาพของชุดการสอน สถิติที่ใช้ คือ สถิติพรรณนา ในการวิเคราะห์ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาค่าร้อยละ (Percentage) ของความเหมาะสมในแต่ละด้านซึ่งกรอกโดยผู้เชี่ยวชาญโดยผู้วิจัยได้พัฒนางานวิจัยโดยใช้ Plomp model โดยในตอนการศึกษาขั้นต้น (preliminary) ทำการวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์ครูฟิสิกส์ ในขั้นตอนการออกแบบต้นแบบ (prototyping) ได้ทำการออกแบบสื่อการสอน ตรวจสอบความถูกต้องโดยอาจารย์ 3 ท่าน และทดสอบความเหมาะสมของสื่อการสอนแบบตัวต่อตัวกับนักเรียน 3 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์โดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive analysis) ตรวจสอบความเหมาะสมโดยการใช้เปอร์เซ็นต์ร้อยละ จากผลการศึกษาในระยะแรกพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในระดับต่ำและยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนบางส่วน ในการออกแบบต้นแบบสื่อการสอนโดยใช้ความขัดแย้งทางความคิด เรื่อง โมเมนตัมและการดล จะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ร่วมกับวิดีโอการทดลองจริงโดยใช้โปรแกรม Tracker ซึ่งผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าสื่อการสอนมีความครบถ้วนและอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก นอกจากนี้ พบว่าผลจากการตรวจสอบความถูกต้องเท่ากับ 0.81 และผลการทดสอบความเหมาะสมเท่ากับ 90.27 ดังนั้น การออกแบบสื่อการสอนโดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง เรื่อง โมเมนตัมและการดล จึงมีความถูกต้องและความเหมาะสมสูงในการประเมินแบบตัวต่อตัว (one-on-one evaluation) และการบูรณาการวิดีโอการทดลองจริงช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

Widia et al. (2022) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการจัดการเรียนการสอนแบบความขัดแย้งทางความปัญญาเป็นฐานที่มีต่อผลการเรียนรู้ทางปัญญาของนักเรียน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Pretest-Posttest Control Group Design นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (Junior High School Students)จำนวน 64 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม นักเรียนได้รับการสอน เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงแบบคงที่และการเคลื่อนที่แนวตรงที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบสอบถามสำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการสอน

3) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทางปัญญา แบบข้อเขียน จำนวน 6 ข้อ ซึ่งครอบคลุมระดับความรู้ทางปัญญาตั้งแต่ C1 ถึง C6 นักเรียนได้รับการทดสอบทั้งก่อนและหลังการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติอนุมานผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลการเรียนรู้ทางปัญญาของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการใช้กลยุทธ์ความขัดแย้งทางความคิด ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์หลังการทดสอบ (Mean) อยู่ที่ 3.4803 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p = 0.000 นอกจากนี้การคำนวณ n-gain ได้ผลลัพธ์ที่ 0.74 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง

Mufit et al. (2022) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริงเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดเกี่ยวกับกลศาสตร์การเคลื่อนที่สำหรับนักเรียน ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปัญหาการเข้าใจแนวคิดและความเข้าใจผิดที่พบได้บ่อยในการเรียนฟิสิกส์ ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง แบบ Explanatory Sequential Mixed Methods ซึ่งประกอบด้วยระยะที่ 1 การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อพัฒนา E-Book และประเมินความเหมาะสม ระยะที่ 2 การวิจัยเชิงปริมาณเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ E-Book ผู้วิจัยทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีการทดลองโดยใช้การออกแบบกลุ่มควบคุมแบบก่อนและหลังทดสอบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนจำนวน 61 คน โดยใช้ Cluster Random Sampling เพื่อเลือกกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ คือ คู่มือสัมภาษณ์, แบบบันทึกการสังเกต, แบบสอบถาม, และแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดแบบตัวเลือกหลายระดับสองชั้น สถิติที่ใช้ในงานวิจัย คือ Aiken's Vประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัย Mann-Whitney Test ใช้ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการใช้ E-Book ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า ความเหมาะสมของ E-Book มีค่าเฉลี่ย Aiken's V เท่ากับ 0.83 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความเหมาะสมของเนื้อหาและการออกแบบ ความสะดวกในการใช้งานของเรียนพบว่า E-Book ใช้งานง่าย มีความน่าสนใจและเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้ ประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้าใจ การใช้ E-Book ส่งผลให้คะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p-value = 0.001) และช่วยลดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดการเคลื่อนที่ e-book ที่ใช้กลยุทธ์การสร้างความขัดแย้งทางปัญญาร่วมกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริงมีความถูกต้อง ใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดเกี่ยวกับกลศาสตร์การเคลื่อนที่ของนักเรียน

Mufit and Fauzan (2023) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางความคิดเป็นฐานที่มีต่อการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 89 คนจากภาควิชาฟิสิกส์ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย คือ แบบวัดแนวคิด เรื่อง ของไหล โดยแบบวัดจะมีลักษณะเป็นแบบข้อคำถามหลายตัวเลือก (multiple-choice test) และข้อคำถามปลายเปิด (open reason answer) สถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์และการวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยจะใช้เปอร์เซ็นต์ร้อยละและการวิเคราะห์เชิงพรรณนาในการประเมินระดับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางความคิดเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางความคิดเป็นฐานที่ใช้ในการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกระตุ้นแนวคิดเบื้องต้นและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน 2) การนำเสนอความขัดแย้งทางความคิด 3) การค้นพบแนวคิดและสมการ และ 4) การสะท้อนผล

Mehboob et al. (2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยเชิงทดลอง Pretest-Posttest Control Group Design กลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 คน แบ่งออกเป็น กลุ่มทดลอง 47 คน ที่ได้รับการสอนโดยใช้ารจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม 47 คน ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1)แบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ (Pretest-Posttest) 2) แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการคิดวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการเรียนรู้ และการทดสอบ t-test ผลการวิเคราะห์พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลอง (M=22.3) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลอง (M=13.73) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

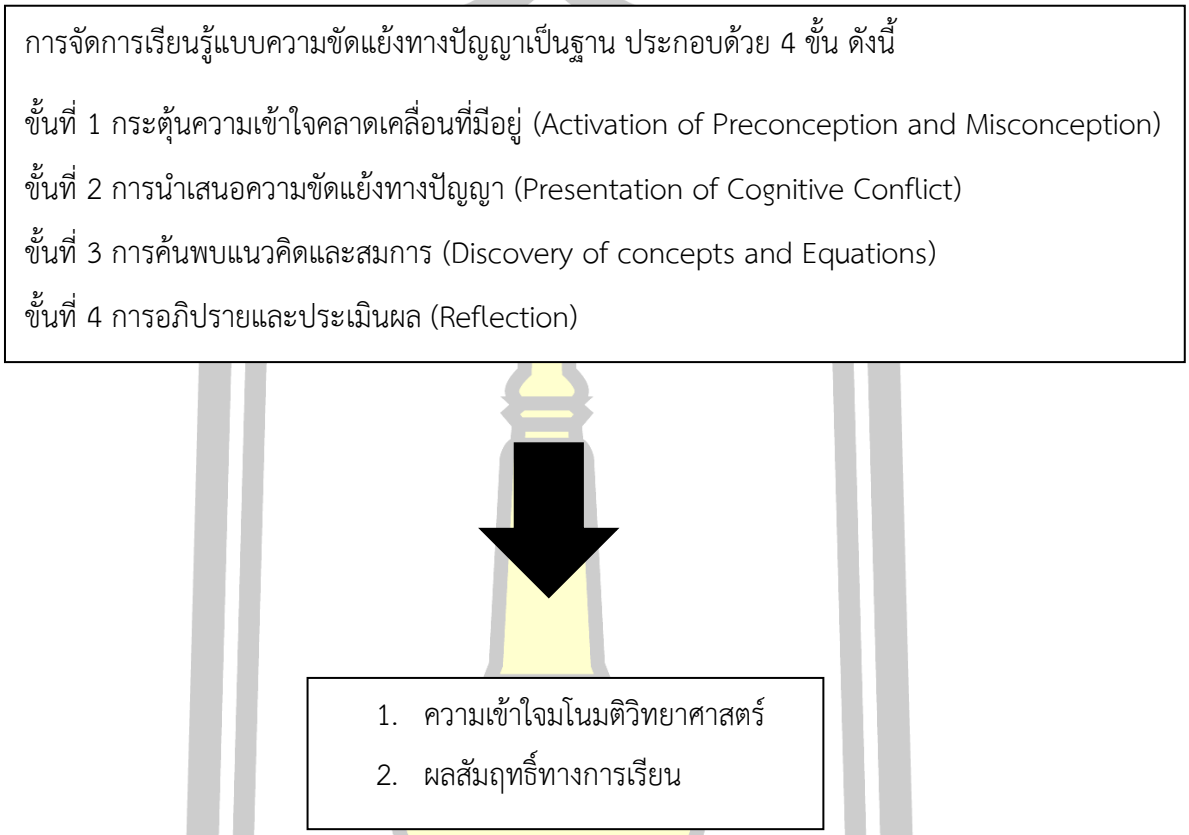
Mufit et al. (2024) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับการออกแบบสื่อเสมือนจริง (Immersive virtual reality) ที่ใช้ในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติในฟิสิกส์ควอนตัม ผ่านการทดสอบความถูกต้องและการทดสอบการปฏิบัติจริง ระเบียบวิธีวิจัย คือ วิจัยออกแบบ (Design Research) กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 97 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือพัฒนา IVR 2) เครื่องมือประเมินความถูกต้อง (Validity) ใช้ Validity Instruments โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 6 คนเข้าร่วมในการประเมิน 3) เครื่องมือประเมินความเหมาะสม (Practicality) ใช้ Practicality Instruments โดยมีนักศึกษา 9 คนเข้าร่วมในการประเมิน สถิติที่ใช้ คือ Validity Coefficient ผลการวิจัยพบว่า ด้านการเรียนการสอนและเนื้อหา: ได้ค่า 0.89 ซึ่งอยู่ในระดับ Valid ด้านสื่อการสอน ได้ค่า 0.95 ซึ่งอยู่ในระดับ Valid ความเหมาะสมในการใช้งาน คะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 92% ซึ่งอยู่ในระดับ Very Practical การจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานร่วมกับ IVR สามารถแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนและไตร่ตรองความรู้ที่มีอยู่เดิม เมื่อพบกับข้อมูลใหม่ที่ไม่ตรงกับความเข้าใจเดิมซึ่งนำไปสู่การสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องยิ่งขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจหลักการที่ยากในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์ควอนตัมได้ดีขึ้น

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่ามีการนำเอาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างและหลากหลายรูปแบบมาพัฒนาและปรับใช้ในห้องเรียน การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ แต่ยังขาดการศึกษาในบริบทของประเทศไทย เนื่องจากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานั้นยังไม่มีงานที่พัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ทราบถึงแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนหรือความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ก่อนเข้าสู่บทเรียน ซึ่งจะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามปรับเปลี่ยนความคิดให้เข้ากันได้ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองก่อนเรียนและสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่อง โมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาฟิสิกส์ต่อไป

**กรอบแนวคิดในการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เขียนกรอบแนวคิดการวิจัย ไว้ดังนี้



# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
4. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

**รูปแบบการวิจัย**

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre experimental research) ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบหลังเรียน (one group posttest only design) โดยออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีการวัดผลหลังการจัดการเรียนรู้ ดังรูปแบบที่แสดงดังนี้

ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

| กลุ่ม | ทดสอบก่อน | สิ่งทดลอง | ทดสอบหลัง |
|---|---|---|---|
| E | - | X | O |

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

1. ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัด มหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ห้องเรียน จำนวน 320 คน โดยแต่ละห้องมีจำนวนนักเรียนใกล้เคียงกัน การจัดการเรียนการสอนภายใต้หลักสูตรและอยู่ในสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกัน ทั้งด้านครูผู้สอน ลักษณะการเรียนการสอน และเวลาเรียนรายวิชาฟิสิกส์

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 จำนวน 39 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่ได้มาโดยวิธีได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ชั้นเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

**เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล**

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม จำนวน 1 ชั่วโมง
2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม จำนวน 2 ชั่วโมง
3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล จำนวน 1 ชั่วโมง
4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม จำนวน 2 ชั่วโมง
5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น จำนวน 1 ชั่วโมง
6) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น จำนวน 1 ชั่วโมง
7) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การชนแบบดีดตัวแยกจากกัน จำนวน 2 ชั่วโมง

2.2 เครื่องที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย

2.2.1 แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 ข้อ ตามมโนมติย่อย

เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่มีองค์ประกอบเป็น 2 ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกที่สุด 1 คำตอบและส่วนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยเป็นส่วนที่ให้แสดงเหตุผลในการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1

2.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

**การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ**

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ที่แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคม

1.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานจากบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

1.3 ศึกษาเนื้อหาบทเรียน รายวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง โมเมนตัมและการชน

1.4 ศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้ที่แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

1.5 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หน่วยใน เนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แบบความขัดแย้งทางปัญญา เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปี 2567 จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในจำนวนทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียน

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| อธิบายและคำนวณโมเมนตัม ของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม | โมเมนตัม | โมเมนตัม (P) หมายถึง ปริมาณที่แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีมวลแตกต่างกัน เป็นปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพยายามทำให้วัตถุพุ่งตัวไปข้างหน้าในทิศทางของความเร็ว วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p}=m\vec{v}$ | ประเด็นที่1 1) มีลูกเทนนิสสองลูก ลูกเทนนิสที่ 1 ถูกวางที่ความสูง 1 เมตรเหนือพื้นดิน ในขณะที่ลูกเทนนิสที่ 2 ถูกวางที่ความสูง 50 เมตรเหนือพื้นดิน เมื่อปล่อยลูกเทนนิสทั้งสองและลูกเทนนิสตกลงมากระทบเท้า ลูกไหนจะทำให้เจ็บมากกว่ากัน? สิ่งใดที่ส่งผลให้ลูกเทนนิสที่ 2 ทำให้เจ็บมากกว่า? | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและความหมายของโมเมนตัมได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณโมเมนตัมของวัตถุได้ถูกต้อง<br>3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 1 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2)แสดงวัตถุสองชิ้น ชิ้นหนึ่งหนักกว่าและอีกชิ้นหนึ่งเบากว่าแต่ทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ถามนักเรียนว่า "วัตถุชิ้นไหนมีโมเมนตัมมากกว่ากัน?" - นักเรียนหลายคนอาจคิดว่าวัตถุที่เบากว่าอาจมีโมเมนตัมมากกว่าเพราะพวกเขาสับสนระหว่างโมเมนตัมกับความเร็ว นี่เป็นจุดที่เกิดความขัดแย้งทางความคิดเพราะ | | |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | นักเรียนต้องมีความเข้าใจว่าโมเมนตัมขึ้นอยู่กับมวลด้วย | | |
| อธิบายและคำนวณโมเมนตัม ของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม | แรงและเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม | จากนิยามของโมเมนตัม โมเมนตัมของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและความเร็ว เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากเดิม ขนาดของความเร็วเปลี่ยนแปลงโดยไม่เปลี่ยนทิศทาง หรือขนาดของความเร็วไม่เปลี่ยนแต่ทิศของความเร็วเปลี่ยน ก็เป็นผลให้สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปด้วยซึ่งเรียกว่า มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม สิ่งที่ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงคือแรง ทิศของการเปลี่ยนแปลง | ประเด็นที่ 1 1)แสดงสถานการณ์ที่ลูกบอลหยุดนิ่งหลังจากชนกำแพง และอีกสถานการณ์ที่ลูกบอลลูกเดียวกันกระดอนกลับหลังจากชนกำแพง ถามนักเรียนว่า "ในกรณีใดที่การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมมีมากกว่า?" - นักเรียนอาจคิดในตอนแรกว่าการเปลี่ยนแปลง | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุได้ถูกต้อง<br>3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 2 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | โมเมนตัมจะมีทิศเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หาได้จาก $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ หรือ $\Delta\vec{p} = m\Delta v$ หรือ $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$ | โมเมนตัมเท่ากันในทั้งสองกรณี เพราะพวกเขามุ่งเน้นเฉพาะการเคลื่อนที่ที่หยุดลงเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การกระดอนกลับทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมที่มากกว่า ซึ่งทำให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด | | |
| อธิบายและคำนวณโมเมนตัม ของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา | แรงดลและการดล | เมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป ถ้าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีค่าคงตัว โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่าแรงดล โดยผลคูณ | ประเด็นที่ 1 สถานการณ์หนึ่งที่รถหยุดกะทันหันจากการชนกำแพง และอีกสถานการณ์ที่รถหยุดอย่างค่อยเป็นค่อยไปจากการ | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของแรงดลและการดลได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณแรงดลของวัตถุได้ถูกต้อง | 1 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม | | ของแรงดลกับเวลาเรียกว่า การดลเขียนได้เป็นสมการ $F.\Delta t = mv - mu$ | กลิ้งจนหยุด ถามนักเรียนว่า "ในสถานการณ์ใดแรงกระทำ (Impulse) มีมากกว่ากัน?" - นักเรียนอาจคิดว่าแรงกระทำในกรณีแรกมีมากกว่าเนื่องจากการหยุดกะทันหัน แต่ในทั้งสองกรณี แรงกระทำ (แรง x เวลา) จะเท่ากันหากการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเท่ากัน ซึ่งเป็นความเข้าใจผิดที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด | 3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | ในการชนกันของวัตถุและการดีดตัวออกจากกัน ของวัตถุในหนึ่งมิติเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว ซึ่งเป็นไป ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | แสดงการชนกันระหว่างวัตถุสองชิ้นที่มีมวลต่างกัน โดยหนึ่งในนั้นหยุดนิ่งอยู่ก่อน หลังจากการชน วัตถุที่เบากว่าเคลื่อนที่เร็วขึ้น ถามนักเรียนว่า "โมเมนตัมถูกอนุรักษ์ไว้ในการชนนี้หรือไม่?" นักเรียนมักคาดหวังว่าวัตถุทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และอาจคิดว่าโมเมนตัมไม่ถูกอนุรักษ์หากวัตถุหนึ่ง | 1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้<br>3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 2 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | เคลื่อนที่เร็วกว่าอีกชิ้น นี่เป็นโอกาสที่ดีในการก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด | | |
| ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | การชนแบบยืดหยุ่น | การชนกันของวัตถุมวลวิ่งไปชนมวลจะเป็นไปตามหลักคงที่ของโมเมนตัม (กฎอนุรักษ์โมเมนตัม คือ ผลรวม โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว) การชนใน 1 มิติ เป็นการชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง สองจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน การชนในแนวเส้นตรงจะเกิดขึ้นได้เมื่อแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชน | -แสดงการชนแบบยืดหยุ่น ถามนักเรียนว่า "เมื่อวัตถุ A เคลื่อนที่ชนกับวัตถุ B ในการชนเมื่อรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง โมเมนตัมจะถูกอนุรักษ์ไว้อย่างไร "<br>-นักเรียนหลายคนอาจคิดว่าโมเมนตัมจะถูกอนุรักษ์เฉพาะในการชนแบบยืดหยุ่น แต่ในความเป็นจริง | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและความหมายของการชนแบบยืดหยุ่นได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้<br>3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 1 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | จะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนเท่านั้น โดยการชนกันแบบยืดหยุ่นจะเป็นการชนกันที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์โดยรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง | โมเมนตัมถูกอนุรักษ์ทั้งในการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น ความสับสนเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานและโมเมนตัมสามารถนำไปสู่ความขัดแย้งทางความคิดที่เป็นประโยชน์ได้ | | |
| ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกัน | การชนแบบไม่ยืดหยุ่น | ในการชนกันของวัตถุที่พลังงานจลน์ไม่คงที่ โดยพลังงานจลน์หลังการชนมีค่าน้อยกว่าพลังงานจลน์ก่อนชน เนื่องจากมีการนำไปใช้ ในการเปลี่ยนรูปร่างวัตถุ เช่น ทำให้ยุบ บุบ และเปลี่ยนรูปเป็น | เมื่อรถทั้งสองคันเคลื่อนที่เข้าหากันรถคัน A ชนกับรถคัน B โดยที่รถคัน B จะเกิดการเสียรูปเล็กน้อย และเคลื่อนที่ช้าลงในขณะที่รถคัน | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและความหมายของการชนการชนแบบไม่ยืดหยุ่นได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้<br>3. นักเรียนมีการ | 2 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | | พลังงานเสียง โดยเขียนสมการได้เป็น $\sum E_{k\text{ก่อนการชน}} > \sum E_{k\text{หลังการชน}}$ แต่โมเมนตัมรวมก่อนชนจะมีค่าเท่ากับ โมเมนตัมรวมหลังชน | A ยังคงเคลื่อนที่ต่อไปได้ โดยไม่มีการเสียรูปใด ๆ เพราะเหตุใดทำไมรถคัน A ยังคงเคลื่อนที่ต่อไปได้เร็วกว่าหลังการชน? และทำไมรถคัน B จึงเคลื่อนที่ช้าลง? | ทำงานเป็นกลุ่ม | |
| ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ | การดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ | การที่วัตถุมีการแยกหรือแตกออกจากกัน หรือการระเบิดโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งมีเงื่อนไขเหมือนกับการชนกันของวัตถุการระเบิดยังคงใช้หลักการอนุรักษ์โมเมนตัมเช่นกัน ส่วนพลังงาน จลน์ของวัตถุในการระเบิด พบว่า | ปืน: หากทฤษฎีกล่าวว่า วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะเคลื่อนที่เร็วกว่า เมื่อยิงปืนใหญ่ลูกกระสุนจะเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็วสูงในขณะที่ตัวปืนจะถอยหลังเล็กน้อย | 1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติได้ถูกต้อง<br>2. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้<br>3. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 1 |

| ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | ประเด็นขัดแย้งที่นำไปใช้ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชม.) |
|---|---|---|---|---|---|
| โมเมนตัม | | ผลรวมพลังงานจลน์หลังการระเบิดจะมีค่ามากกว่าผลรวมของพลังงาน จลน์ก่อนระเบิด $\sum E_{k\text{ก่อนดีดตัว}} < \sum E_{k\text{หลังดีดตัว}}$ | ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น? (ขัดแย้งกับความคิดที่ว่าวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะเคลื่อนที่เร็วกว่า) | | |
| | | | รวมทั้งหมด | | 10 |

1.6 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ให้มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมที่กำหนด

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ ประเด็นขัดแข้งทางปัญญา จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และการวัดประเมินผล จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องนิยามศัพท์เฉพาะ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ปรับกิจกรรมการทดลองให้นักเรียนสามารถระบุแนวคิดและสมการได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขและพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาประเมินคุณภาพความเหมาะสมของการนำไปใช้และความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฐิติวรดา พลเยี่ยม ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2. นายยุทธพนธ์ พูลพุทธา กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

3. นายสวัสน์ ช่างหล่อ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

1.9 โดยนำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่ง เป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ดังนี้ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นพิจารณาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยหาค่าเฉลี่ยและนำมาเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 0.00 – 1.51 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยเกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ยอมรับได้ต้องมีค่าเฉลี่ยต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในช่วงผลการประเมินตั้งแต่ 4.60-5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.17-0.30 (รายละเอียดดังภาคผนวก ง

หน้า 193 ถึง 195) ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมากที่สุด จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยมีข้อเสนอแนะ คือ ในขั้นวิธีการอภิปรายอาจปรับให้ใช้เทคนิค Gallery Walk ควรวางแผนขั้นตอนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม และควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา

1.10 ทำการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมตามคำแนะนำของคณะผู้เชี่ยวชาญ

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งพบข้อบกพร่อง คือ เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม พื้นฐานการใช้เครื่องมือในการทดลอง และทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องที่พบ คือ กระชับเวลาในแต่ละขั้นตอน แนะนำพื้นฐานการใช้เครื่องมือก่อนเริ่มการทดลอง แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง

1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง

**2. แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

2.1 ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับ ปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และหนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.3 ศึกษาบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.4 ศึกษาเนื้อหาและหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อที่จะได้มีความรู้และความ เข้าใจที่ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.5 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และผลการเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

| มโนมติที่ | สาระการเรียนรู้ | มโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวนข้อสอบ (ข้อ) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | สร้าง | ใช้จริง |
| 1 | โมเมนตัม | วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p}$=m$\vec{v}$ | 2 | 1 |
| 2 | แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม | เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ $\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ | 2 | 1 |
| 3 | การดล | แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่าแรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่าการดล ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง แรงดลกับเวลา | 2 | 1 |
| 4 | กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | ในการชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบหรือแรงลัพธ์ของแรงภายนอกเป็นศูนย์ ผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม $\overrightarrow{p_i}$=$\overrightarrow{p_f}$ | 2 | 1 |
| 5 | การชนแบบยืดหยุ่น | การชนกันในหนึ่งมิติ เป็นการชนกันในแนวตรง วัตถุทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรง | 2 | 1 |

| มโนมติที่ | สาระการเรียนรู้ | มโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวนข้อสอบ (ข้อ) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | สร้าง | ใช้จริง |
| | | เดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน ในการชนกันของวัตถุพลังงานจลน์ของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัว เป็นการชนแบบยืดหยุ่น | | |
| 6 | การชนแบบไม่ยืดหยุ่น | การชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัว เป็นการชน แบบไม่ยืดหยุ่น | 2 | 1 |
| 7 | การดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ | การดีดตัวแยกจากการ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว ส่วนพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น | 2 | 1 |
| รวม | | | 14 | 7 |

2.6 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 14 ข้อ ใช้จริง 7 ข้อ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 อัตนัยแสดง เหตุผลในการเลือกตอบในข้อ ๆ นั้น ตามแนวคิดของ Treagust (Treagust et al., 1998) โดยมีการใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับความเข้าใจมโนมมติทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Westbrook and Marek (1991) ได้แก่

1) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ ให้ 4 คะแนน เช่น อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎี สมการที่ใช้ในการคำนวณ การแสดงวิธีคิด

2) กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 3 คะแนน

3) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with

Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบปรนัยของนักเรียนถูก แต่ส่วนการให้เหตุผลแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบาย ให้ 2 คะแนน

4) กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบปรนัยผิดและส่วนการให้เหตุผลของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 1 คะแนน

5) กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงข้อคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.7 นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับประเด็นที่กำลังศึกษา

2.8 นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข โดยมีประเด็นแก้ไข ดังนี้ เกณฑ์การผ่านที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องอยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ในทุกมโนมติ และการพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561) โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

พฤติกรรมที่ชี้วัดถึงความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้อง แล้วเลือกแบบวัดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปมาสร้างเป็นแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จึงถือว่าข้อสอบนั้นมีความสอดคล้อง ซึ่งผลการประเมินพบว่า ข้อสอบมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 สามารถนำไปใช้ได้ (รายละเอียดดัง ภาคผนวก ง หน้า 196)

ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมินโดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating scale) โดยแบ่งระดับการประเมินได้ 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นพิจารณาคุณภาพของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์โดยหาค่าเฉลี่ยและนำมาเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เกณฑ์การประเมินเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เกณฑ์การประเมินเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เกณฑ์การประเมินเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เกณฑ์การประเมินเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 0.00 – 1.51 หมายถึง เกณฑ์การประเมินเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลปรากฏว่าเกณฑ์การประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 ซึ่งหมายถึง เกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมากที่สุด (รายละเอียดดัง ภาคผนวก ง หน้า 197)

2.9 นำแบบทดสอบและเกณฑ์ประเมินความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ตรวจสอบเนื้อหาให้มีความชัดเจน ถูกต้องและสอดคล้องกับมโนมติ

2.10 นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบและแนวทางการทำแบบทดสอบของนักเรียน

2.11 นำผลการทดสอบหาค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) โดยมีเกณฑ์ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

ผลปรากฏว่า ข้อสอบจำนวน 14 ข้อ ที่คัดเลือกมาจำนวน 7 ข้อ ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.65 – 0.77 และอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.25 – 0.60 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.82 (รายละเอียดดัง ภาคผนวก ง หน้า 196 ถึง 197)

2.12 นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 จำนวน 39 คน

**3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน**

3.1 ศึกษาหลักการ เอกสารการวัดและประเมินผล กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระที่ 3 โมเมนตัมและการชนและศึกษาหนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรม | | | | | | | | รวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความรู้ | | ความเข้าใจ | | การนำไปใช้ | | วิเคราะห์ | | | |
| | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัม | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - | - | - | 2 | 2 |

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรม | | | | | | | | รวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความรู้ | | ความเข้าใจ | | การนำไปใช้ | | วิเคราะห์ | | | |
| | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง |
| นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณโมเมนตัมของวัตถุ | - | - | - | - | 2 | 1 | - | - | 2 | 1 |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | 1 | 1 |
| นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของ แรงดลและการดล | 1 | 1 | - | - | 1 | 1 | - | - | 2 | 2 |
| นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณการดลของวัตถุ | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | - | - | 4 | 3 |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการชนแบบยืดหยุ่น | - | - | 2 | 1 | 1 | 1 | - | - | 3 | 2 |

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรม | | | | | | | | รวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความรู้ | | ความเข้าใจ | | การนำไปใช้ | | วิเคราะห์ | | | |
| | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง | สร้าง | ใช้จริง |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการชนการชนแบบไม่ยืดหยุ่น | - | - | 2 | 1 | 1 | 1 | - | - | 3 | 2 |
| นักเรียนสามารถอธิบายความหมายการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| รวม | 3 | 3 | 8 | 6 | 10 | 8 | 4 | 3 | 25 | 20 |

3.4 จัดทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบทดสอบที่เป็นแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้อง ครบถ้วนของเนื้อหา การใช้ภาษาและสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งความเหมาะสมของคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังศึกษา

3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยปรับแก้ไขให้เรียบร้อยเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีประเด็นการปรับปรุง แก้ไขดังนี้ ปรับคำถามและตัวเลือกให้มีความชัดเจน ตรวจสอบความถูกต้องของคำ การเว้นวรรคและการใช้ตัวย่อของหน่วย ตรวจสอบและปรับข้อคำถามให้ตรงกับระดับพฤติกรรมการเรียนรู้

3.7 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปรับแก้ไขให้เรียบร้อย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยใช้ หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

3.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อ คำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ตั้งแต่ 0.60 -1.00 สามารถนำไปใช้ได้ (รายละเอียดดัง ภาคผนวก ง หน้า 198 ถึง 199)

3.9 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีข้อเสนอแนะ ได้แก่ ปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้มีความชัดเจน ปรับความยาวของตัวเลือกในข้อสอบให้มีความกระชับและเข้าใจง่าย

3.10 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนสารคามพิทยาคม เพื่อตรวจหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.11 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) ผลปรากฏ ว่า เลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.65-0.78 และอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.20 – 0.60 (รายละเอียดดัง ภาคผนวก ง หน้า 199 ถึง 200)

3.12 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีค่าเท่ากับ 0.90

3.13 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 จำนวน 39 คน

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre experimental research) ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบหลังเรียน (one group posttest only design) โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยทำการสังเกตชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูและนักเรียน จากนั้นจึงได้ทำการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ในการเรียนรู้ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ จำนวนทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน แบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. ผู้วิจัยทำการดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในจำนวนทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง เรื่อง โมเมนตัมและการชน ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม จำนวน 1 ชั่วโมง
2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม จำนวน 2 ชั่วโมง
3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล จำนวน 1 ชั่วโมง
4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม จำนวน 2 ชั่วโมง
5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น จำนวน 1 ชั่วโมง
6) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น จำนวน 2 ชั่วโมง
7) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การชนแบบดีดตัวแยกจากกัน จำนวน 1 ชั่วโมง

3. หลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน และจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบ ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek (1991) (รายละเอียดดัง หน้า 97 ถึง 98)

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยเทียบกับเกณฑ์ที่นักเรียนจะต้องมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์(PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์(CU) ในทุกมโนมติจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลของการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ

3. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน เกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test for One Sample

**สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validly) ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร ดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์

∑R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validly) โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร ดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์

∑R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ,2562)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{min})}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

$S_H$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$X_{max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3) การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ,2562)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(x_{max} - x_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

$S_H$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัด โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\propto$-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

$$\propto = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ $\propto$ แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

$s_i^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

$s_t^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

K แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์

$\Sigma R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีของครอนบาค ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561) ดังนี้

$$\propto = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ $\propto$ แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

$s_i^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

$s_t^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

K แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

3) การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ไพศาล วรคำ,2562)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนคนตอบถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

4) การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ,2562)

$$D = \frac{\mathbf{S_H - S_L}}{n(\mathbf{X_{max} - X_{min}})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

$S_H$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$ แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ผลแบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังจากการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติ คือ ร้อยละ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2) วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ one sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน,2561)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}, df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\mu$ แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive conflict based learning : CCBL) มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผลตามลำดับสาระสำคัญดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เข้าใจตรงกันดังนี้

$n$ แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$t$ แทน ค่าสถิติทดสอบที แบบ One Sample

$df$ แทน ขั้นของความอิสระ

$p$ แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

$\mu 0$ แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์

CU แทน ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์

PU แทน ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

PS แทน ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน

AC แทน ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

NU แทน ระดับความไม่เข้าใจ

**ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเสนอลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเรื่อง โมเมนตัมและการชน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

3.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์

โดยผู้วิจัยได้พัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งเป็นฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็นมโนมติย่อยจำนวน 7 มโนมติ ใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek แล้วนำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ รวมถึงวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในมโนมติย่อย ว่านักเรียนมีความเข้าใจอย่างไร ได้ผลการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์

| นักเรียน 39 คน | ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ผ่านเกณฑ์ | ไม่ผ่านเกณฑ์ | ไม่ผ่านเกณฑ์ | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| | ระดับมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | ระดับมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน | ระดับมโนมติที่คลาดเคลื่อน | ระดับความไม่เข้าใจมโนมติ NU |
| จำนวน | 30 คน | 9 คน | 0 คน | 0 คน |
| ร้อยละ | 76.92 | 23.08 | 0.00 | 0.00 |

จากตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 และมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายมโนมติ

| นักเรียนคนที่ | ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ | | | | | | | ผลการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | PU | PU | PU | CU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 2 | PS | PU | PS | PU | PU | PS | PS | ไม่ผ่าน |
| 3 | CU | CU | CU | CU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 4 | CU | CU | CU | CU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 5 | PS | PU | PS | PU | CU | PU | PU | ไม่ผ่าน |
| 6 | CU | CU | CU | CU | CU | PU | CU | ผ่าน |
| 7 | CU | CU | CU | CU | CU | PU | PU | ผ่าน |
| 8 | PU | PU | PU | PS | PU | PU | PU | ไม่ผ่าน |
| 9 | CU | CU | PU | CU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 10 | PU | PU | PU | PU | CU | CU | PU | ผ่าน |
| 11 | PS | PU | PU | PS | PU | PS | PU | ไม่ผ่าน |
| 12 | PU | PU | PU | PU | PU | PU | CU | ผ่าน |
| 13 | PS | PS | PU | PU | PU | PU | PS | ไม่ผ่าน |
| 14 | PU | CU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 15 | CU | CU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 16 | PU | PU | PS | PS | PU | PS | PS | ไม่ผ่าน |
| 17 | CU | CU | CU | CU | CU | PU | PU | ผ่าน |
| 18 | PU | PU | CU | CU | PU | CU | CU | ผ่าน |
| 19 | PU | PU | PU | PU | PU | PU | PU | ผ่าน |
| 20 | PU | PU | PU | PU | CU | PU | CU | ผ่าน |
| 21 | CU | CU | CU | CU | PU | CU | CU | ผ่าน |

| นักเรียนคนที่ | ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติที่ | | | | | | | ผลการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 22 | CU | CU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 23 | PU | CU | CU | CU | PU | PU | CU | ผ่าน |
| 24 | CU | CU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 25 | PU | CU | PU | PU | PS | PS | PS | ไม่ผ่าน |
| 26 | PU | CU | PU | PU | PU | PU | CU | ผ่าน |
| 27 | CU | PU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 28 | CU | CU | CU | CU | PS | PS | CU | ไม่ผ่าน |
| 29 | CU | CU | CU | CU | PU | CU | CU | ผ่าน |
| 30 | PU | PU | PU | PU | CU | CU | CU | ผ่าน |
| 31 | CU | CU | CU | CU | CU | CU | PU | ผ่าน |
| 32 | PS | PU | PU | PS | PU | PS | PU | ไม่ผ่าน |
| 33 | PU | PU | PU | PU | PU | PU | PU | ผ่าน |
| 34 | PU | PU | CU | PU | PU | CU | CU | ผ่าน |
| 35 | CU | CU | CU | PU | PU | CU | CU | ผ่าน |
| 36 | PU | PU | PU | CU | CU | CU | PU | ผ่าน |
| 37 | CU | CU | PU | PU | CU | PU | PU | ผ่าน |
| 38 | PU | CU | CU | CU | PU | CU | CU | ผ่าน |
| 39 | PU | PU | PU | PU | PU | PU | CU | ผ่าน |
| สรุป | | | | | | จำนวนคน | | เปอร์เซ็นต์ |
| ผ่านเกณฑ์ | | | | | | 30 | | 76.92 |
| ไม่ผ่านเกณฑ์ | | | | | | 9 | | 23.08 |

หมายเหตุ

1) CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

2) นักเรียนจะต้องมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์(PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์(CU) ในทุกมโนมติจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 10 พบว่าจำนวนนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ซึ่งยังมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ PS อยู่จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08 ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายมโนมติว่านักเรียนมีความเข้าใจอย่างไร ดังนี้

**มโนมติย่อยที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม**

โมเมนตัมเป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พยายามพุ่งหรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็ว โดยวัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เมตร/วินาที (kg.m/s) ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการ คือ $\vec{p}$=m$\vec{v}$

ตารางที่ 11 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 22 | 56.41 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 16 | 41.03 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 1 | 2.56 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 11 พบว่านักเรียนร้อยละ 56.41 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง โมเมนตัม โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์จากนิยามของโมเมนตัมเมื่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีปริมาณโมเมนตัมซึ่งขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุซึ่งมีทิศทางตามทิศของความเร็ว ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์โมเมนตัมของรถทั้งสองคัน คือ เมื่อรถยนต์มีมวลและความเร็วเท่ากัน โมเมนตัมของรถทั้งสองจึงมีขนาดเท่ากันเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แตกต่างกัน เนื่องจากโมเมนตัมขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุและปริมาณโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ ทำให้ต้องคำนึงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถด้วย

นักเรียนร้อยละ 41.03 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุถึงความสัมพันธ์ของมวลและความเร็วที่บอกถึงปริมาณโมเมนตัมได้แต่ไม่ชัดเจน เช่น ขนาดโมเมนตัมทั้งสองมีมวลและความเร็วเท่ากันทำให้โมเมนตัมเท่ากันแต่ทิศทางของโมเมนตัมตรงกันข้าม, วัตถุทั้งสองมีความเร็วเท่ากัน มวลเท่ากัน แต่ไปคนละทิศทาง,รถทั้งสองคันมีความเร็วคงที่และมีมวลเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน, จากโจทย์วัตถุ A และ B มีมวลและความเร็วเท่ากัน จึงนำไปสู่การหาโมเมนตัมที่เท่ากัน ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 2.56 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ของมวลและความเร็วที่บอกถึงปริมาณโมเมนตัมได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น มวลเท่าแต่ไปตรงข้ามกัน, รถเคลื่อนที่ไปสวนทางกัน เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 1-3

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม

**ข้อสอบ** รถยนต์ A กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็วคงที่ และรถยนต์ B กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วเท่ากัน หากทั้งสองคันมีมวลเท่ากัน โมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นบวก มีทิศทางเดียวกัน

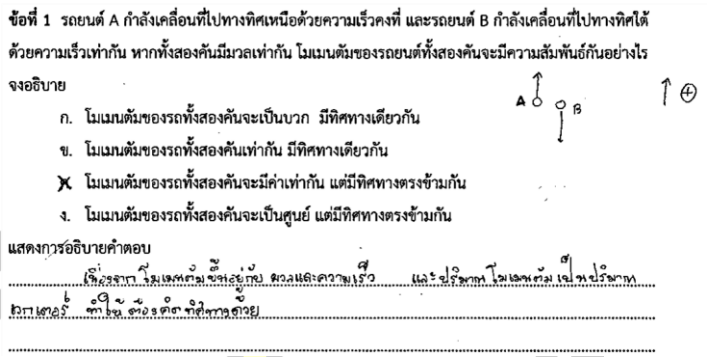
ข. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน

ค. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ง. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นศูนย์ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว



**ข้อที่ 1** รถยนต์ A กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็วคงที่ และรถยนต์ B กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วเท่ากัน หากทั้งสองคันมีมวลเท่ากัน โมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นบวก มีทิศทางเดียวกัน

ข. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน

X โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ง. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นศูนย์ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

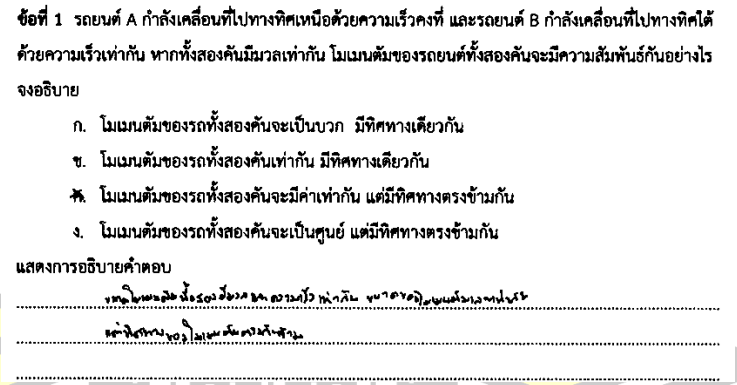
แสดงการอธิบายคำตอบ

เพราะว่า โมเมนตัมขึ้นอยู่กับ มวลและความเร็ว และปริมาณ โมเมนตัม เป็นปริมาณ เวกเตอร์ ที่มีทั้ง ขนาด ทิศทาง ด้วย

ภาพที่ 1 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจ มโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายได้ว่า โมเมนตัมขึ้นอยู่กับมวลและความเร็ว และปริมาณโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ ทำให้ต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)



**ข้อที่ 1** รถยนต์ A กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็วคงที่ และรถยนต์ B กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วเท่ากัน หากทั้งสองคันมีมวลเท่ากัน โมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นบวก มีทิศทางเดียวกัน

ข. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน

X โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ง. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นศูนย์ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

แสดงการอธิบายคำตอบ

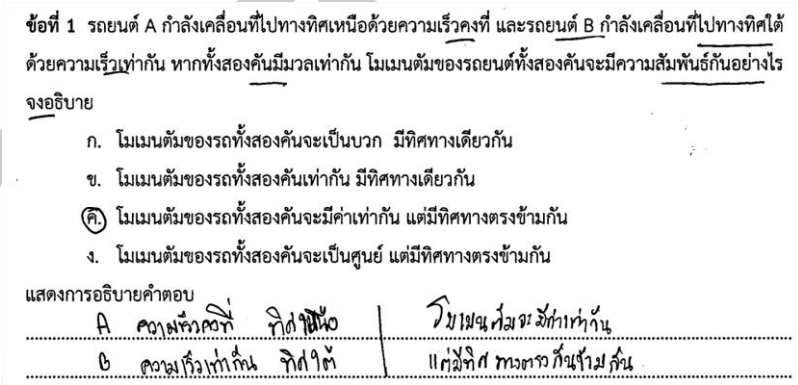
เพราะโมเมนตัมทั้งสองมีขนาดความเร็วเท่ากัน ขนาดของมวลเท่ากัน

แต่ทิศทางของโมเมนตัมตรงข้ามกัน

ภาพที่ 2 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องและระบุถึงความสัมพันธ์ของมวลและความเร็วที่บอกถึงปริมาณโมเมนตัมได้แต่ไม่ระบุถึงนิยามปริมาณโมเมนตัมที่เป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งมีทิศทางตามทิศของความเร็ว ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


**ข้อที่ 1** รถยนต์ A กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็วคงที่ และรถยนต์ B กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วเท่ากัน หากทั้งสองคันมีมวลเท่ากัน โมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นบวก มีทิศทางเดียวกัน

ข. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน

(ค.) โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ง. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นศูนย์ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

แสดงการอธิบายคำตอบ

A ความเร็วคงที่ ทิศไปทางเหนือ | โมเมนตัมจะมีค่าเท่ากัน

B ความเร็วเท่ากัน ทิศใต้ | แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายถึงปริมาณของโมเมนตัมได้ แต่ไม่สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ของมวล ความเร็ว และทิศทางได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้แต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม**

จากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ของนิวตันที่ว่า “ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตามแรงที่กระทำต่อวัตถุ แต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ” จะได้ว่า เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ โดยสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta \vec{t}}$$

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 12 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 17 | 43.59 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 16 | 41.03 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 6 | 15.38 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 12 พบว่านักเรียนร้อยละ 43.59 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถอธิบายถึงการชะลอความเร็วของรถยนต์ที่มีแรงกระทำในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ คือ เมื่อมีแรงกระทำกับรถยนต์ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม นักเรียนร้อยละ 41.03 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถความสัมพันธ์ของแรงกับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้แต่ไม่ชัดเจน เช่น การชะลอทำให้เกิดแรงในการเคลื่อนที่ที่ลดลง, มีแรงมากระทำทำให้รถยนต์เกิดการชะลอ, ความเร็วชะลอลงโมเมนตัมเปลี่ยน ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 15.38 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงกับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น รถเกิดชะลอกับพื้นทำให้แรงที่กระทำมีทิศทางตรงข้าม,เพราะการชะลอรถทำให้ยังมีแรงเดิมช่วยอยู่ เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 4-6

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

**ข้อสอบ** รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,500 กิโลกรัม ขณะกำลังเคลื่อนที่ชะลอความเร็วจาก 20 เมตรต่อวินาที เป็น 10 เมตรต่อวินาทีในช่วงเวลา 5 วินาที แรงที่กระทำกับรถยนต์เป็นอย่างไร จงอธิบาย

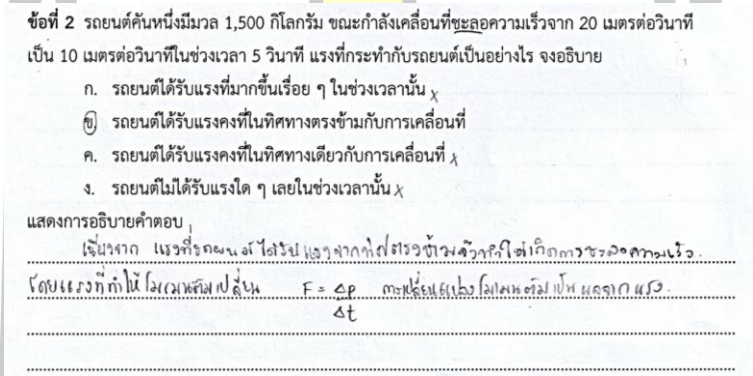
ก. รถยนต์ได้รับแรงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลานั้น

ข. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่

ง. รถยนต์ไม่ได้รับแรงใด ๆ เลยในช่วงเวลานั้น

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


ข้อที่ 2 รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,500 กิโลกรัม ขณะกำลังเคลื่อนที่ชะลอความเร็วจาก 20 เมตรต่อวินาที เป็น 10 เมตรต่อวินาทีในช่วงเวลา 5 วินาที แรงที่กระทำกับรถยนต์เป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. รถยนต์ได้รับแรงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลานั้น X

ข) รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ X

ง. รถยนต์ไม่ได้รับแรงใด ๆ เลยในช่วงเวลานั้น X

แสดงการอธิบายคำตอบ

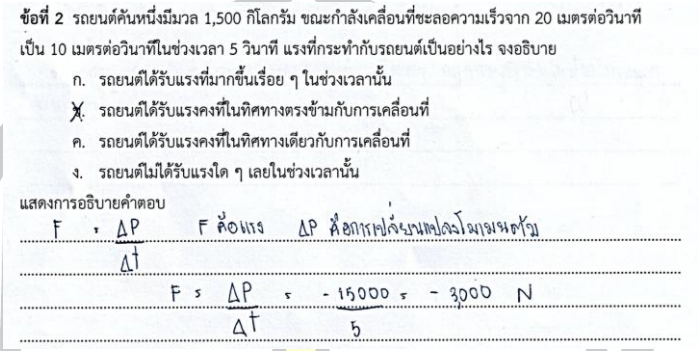
เนื่องจาก แรงที่รถยนต์ได้รับ แรงจากทิศตรงข้ามกับทิศที่เกิดการชะลอความเร็ว

โดยแรงที่ทำให้ โมเมนตัมเปลี่ยน $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ตามสมการแปลง โมเมนตัม เป็น ผลจาก แรง

ภาพที่ 4 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 4 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ได้ว่า รถยนต์ได้รับแรงจากทิศตรงข้ามจึงทำให้เกิดการชะลอความเร็ว โดยแรงที่ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยน จากสมการ $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมจึงเป็นผลจากแรง ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถ อธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


**ข้อที่ 2** รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,500 กิโลกรัม ขณะกำลังเคลื่อนที่ชะลอความเร็วจาก 20 เมตรต่อวินาที เป็น 10 เมตรต่อวินาทีในช่วงเวลา 5 วินาที แรงที่กระทำกับรถยนต์เป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. รถยนต์ได้รับแรงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลานั้น

ข. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่

ง. รถยนต์ไม่ได้รับแรงใด ๆ เลยในช่วงเวลานั้น

แสดงการอธิบายคำตอบ

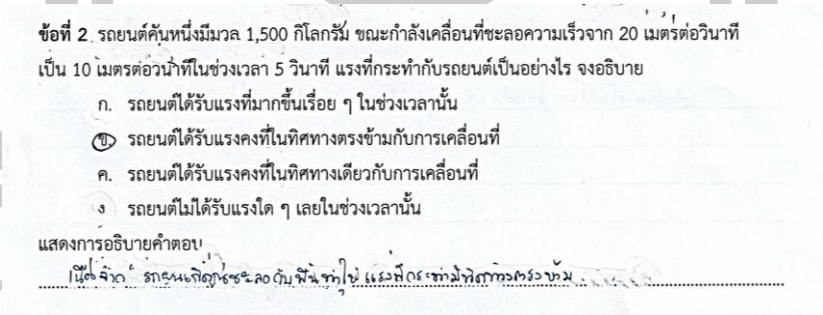
F = ΔP/Δt  F คือแรง  ΔP คือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

F = ΔP/Δt = -15000/5 = -3000 N

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุสมการความสัมพันธ์ของแรงกับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้แต่ไม่สามารถอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถยนต์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้อย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้แต่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


**ข้อที่ 2** รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,500 กิโลกรัม ขณะกำลังเคลื่อนที่ชะลอความเร็วจาก 20 เมตรต่อวินาที เป็น 10 เมตรต่อวินาทีในช่วงเวลา 5 วินาที แรงที่กระทำกับรถยนต์เป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. รถยนต์ได้รับแรงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลานั้น

ข. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่

ง. รถยนต์ไม่ได้รับแรงใด ๆ เลยในช่วงเวลานั้น

แสดงการอธิบายคำตอบ

รถยนต์เคลื่อนที่ชะลอตัวบนพื้นทางใน แรงที่กระทำมีทิศทางตรงข้าม

ภาพที่ 6 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 6 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ของรถยนต์ที่ชะลอความเร็วกับพื้นทำให้แรงที่กระทำมีทิศทางตรงข้าม แต่ไม่สามารถอธิบาย

ความสัมพันธ์ของแรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมอย่างไรได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบของคำตอบได้แต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 3 เรื่อง แรงดลและการดล**

แรงดล (Momentum Impulse) หมายถึง แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ มีหน่วยวัดเป็น นิวตันวินาที (N•s) ดังสมการ $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่า การดล

การดล (Impulse) หมายถึง ผลการกระทำของแรงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาใด ๆ โดยถ้าออกแรงมากเวลาที่ใช้ก็น้อย แต่ถ้าเวลาที่ใช้มากจะทำให้แรงที่ใช้ก็มีค่าน้อย มีหน่วยวัดเป็นกิโลกรัมเมตรต่อวินาที kg.m/s หรือนิวตันวินาที (N•s) ดังสมการ I = mv-mu โดยโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีค่าเท่ากับการดล การดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง แรงดลกับเวลา

ตารางที่ 13 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงดลและการดล

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 14 | 35.90 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 22 | 56.41 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 3 | 7.69 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 13 พบว่านักเรียนร้อยละ 35.90 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง แรงดลและการดล โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามนิยามของแรงดลและการดล เมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุในระยะเวลาหนึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหรือเกิดการดล ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลกับระยะเวลาสั้นๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม นักเรียนร้อยละ 56.41 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดย นักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายถึงแรงดลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้แต่ยังไม่ชัดเจน เช่น เมื่อวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลในระยะเวลาสั้นๆ จึงทำให้โมเมนตัมเปลี่ยน,

มาจากสมการ I = ΔP การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำและช่วงเวลาที่แรงกระทำ , ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 7.69 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้กล่าวถึงสมการแต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมสอดคล้องกับการดลอย่างไร เช่น มาจากสมการคือ I = ΔP, การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมขึ้นอยู่กับวัตถุและเวลาซึ่งก็คือการดล เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 7-9

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงดลและการดล

**ข้อสอบ** หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้การดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

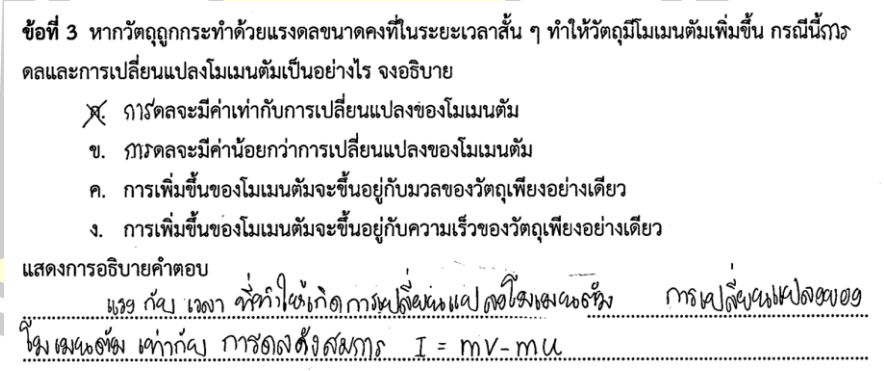
ก. การดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ข. การดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว

ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)



**ข้อที่ 3** หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้การดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. การดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ข. การดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว

ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

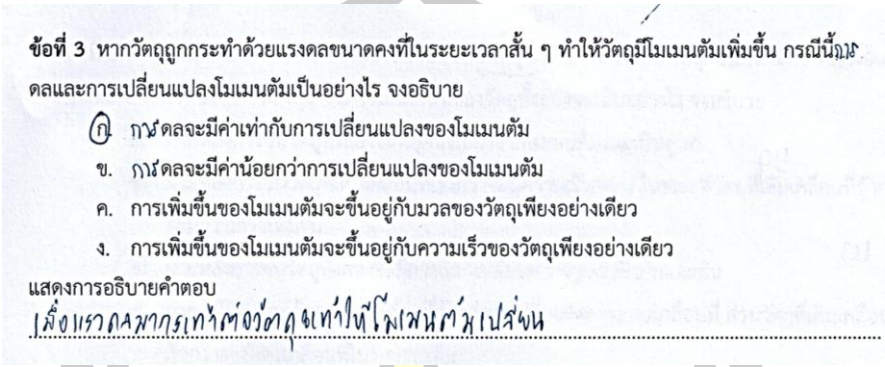
แสดงการอธิบายคำตอบ

แรง กับ เวลา ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม เท่ากับ การดลดังสมการ I = mv-mu

ภาพที่ 7 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 7 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายได้ว่า แรงกับเวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเท่ากับการดลดังสมการ I = mv-mu ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถ อธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


ข้อที่ 3 หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงลัพธ์ขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้แรงลัพธ์ดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. แรงลัพธ์ดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ข. แรงลัพธ์ดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว

ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

แสดงการอธิบายคำตอบ

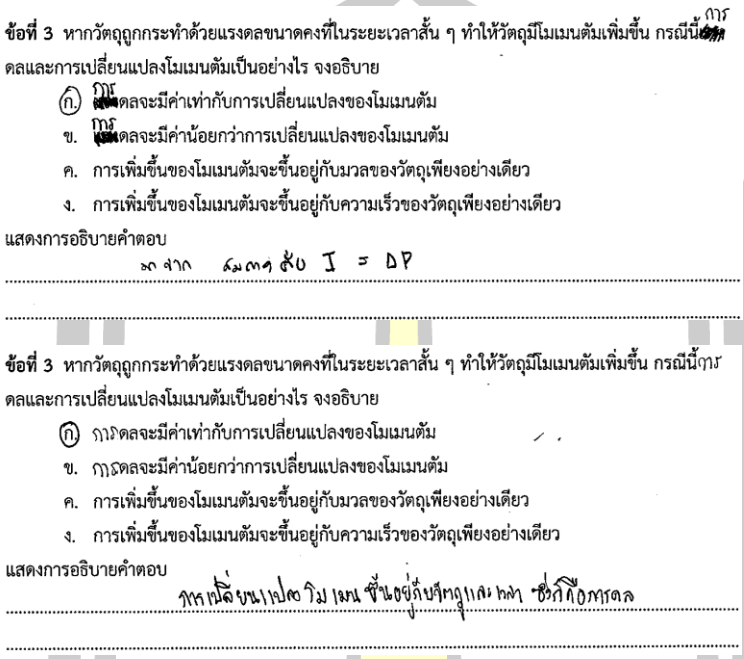
เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทำให้โมเมนตัมเปลี่ยน

ภาพที่ 8 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 8 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายความสัมพันธ์ของแรงเมื่อกระทำต่อวัตถุทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมสอดคล้องกับการดลอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้แต่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



**ข้อที่ 3** หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้การดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. การดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม
ข. การดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม
ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว
ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

แสดงการอธิบายคำตอบ

จาก สมการ $I = \Delta P$

**ข้อที่ 3** หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้การดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. การดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม
ข. การดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม
ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว
ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

แสดงการอธิบายคำตอบ

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมขึ้นอยู่กับปริมาณและทิศ ซึ่งก็คือการดล

ภาพที่ 9 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 9 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วนโดยนักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโมเมนตัมได้โดยกล่าวถึงสมการ $I = \Delta P$ แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมสอดคล้องกับการดลอย่างไรซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้แต่อธิบายได้น้อย ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม**

ในการชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบหรือแรงลัพธ์ของแรงภายนอกเป็นศูนย์ คือ ทุกๆ แรงกิริยา จะมีแรงปฏิกิริยาในปริมาณที่เท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้ามกระทำกลับมา หรือ แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา ผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนได้ดังสมการ $\overrightarrow{p_i}=\overrightarrow{p_f}$

ตารางที่ 14 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 15 | 38.46 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 20 | 51.28 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 4 | 10.26 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 14 พบว่านักเรียนร้อยละ 38.46 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ของรถเข็นว่าเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบ ผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยเมื่อรถเข็นเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ โมเมนตัมรวมของระบบนี้ก่อนและหลังการชนเป็นศูนย์ เนื่องจาก $\sum P_{\text{ก่อนการชน}} = \sum P_{\text{หลังการชน}}$ นักเรียนร้อยละ 51.28 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดย นักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและอธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมของระบบจากการชนกันของวัตถุเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำได้ยังไม่ชัดเจน เช่น $\sum P_{\text{ก่อนการชน}} = \sum P_{\text{หลังการชน}}$ ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 10.26 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบผิด หรือมีการอธิบายคำตอบได้คลาดเคลื่อน เช่น หลังการชนวัตถุทั้งสองกระเด็นแยกจากกัน รูปร่างของวัตถุเปลี่ยนไปเพราะชนกัน ทิศทางตรงข้ามเกิดการอนุรักษ์โมเมนตัม, โมเมนตัมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 10-12

ความเข้าใจโมเมนติวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

**ข้อสอบ** รถเข็นสองคันซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากทั้งสองคันชนกันและหยุดนิ่งหลังการชน จะเกิดผลอย่างไรเกี่ยวกับโมเมนตัมรวมของระบบนี้ จงอธิบาย

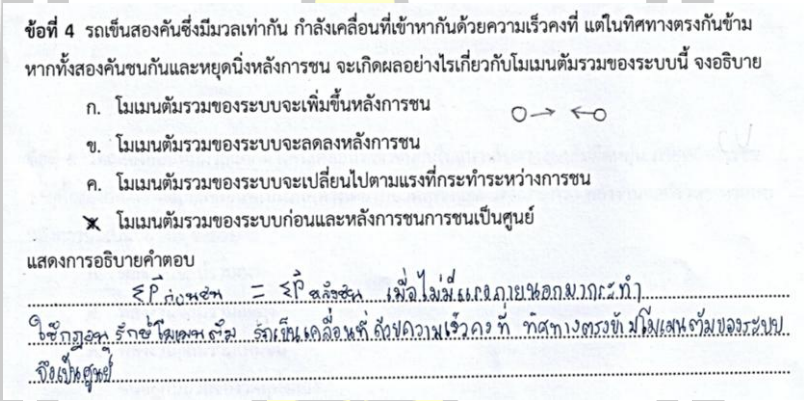
ก. โมเมนตัมรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นหลังการชน

ข. โมเมนตัมรวมของระบบจะลดลงหลังการชน

ค. โมเมนตัมรวมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน

ง. โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนการชนเป็นศูนย์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


ข้อที่ 4 รถเข็นสองคันซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากทั้งสองคันชนกันและหยุดนิ่งหลังการชน จะเกิดผลอย่างไรเกี่ยวกับโมเมนตัมรวมของระบบนี้ จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นหลังการชน

ข. โมเมนตัมรวมของระบบจะลดลงหลังการชน

ค. โมเมนตัมรวมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน

✕ โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนการชนเป็นศูนย์

แสดงการอธิบายคำตอบ

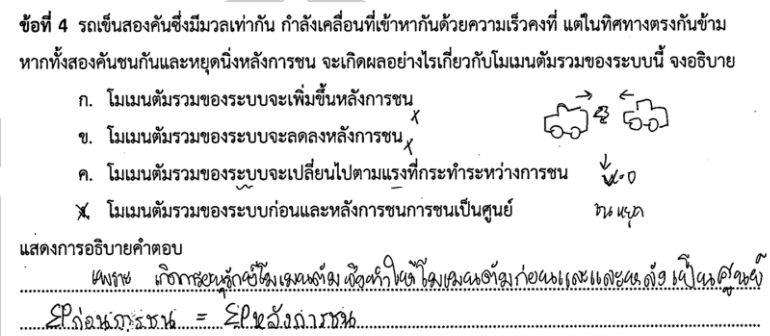
$\sum P$ ก่อนชน $= \sum P$ หลังชน เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม รถเป็นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ทิศทางตรงข้ามโมเมนตัมของระบบจึงเป็นศูนย์

ภาพที่ 10 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจโมมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 10 นักเรียนมีความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจโมมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ได้ว่าเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบ ผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน โดย $\sum P$ก่อนการชน = $\sum P$หลังการชน ใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม รถเข็นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ในทิศทางตรงข้าม โมเมนตัมของระบบจึงเป็นศูนย์ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


ข้อที่ 4 รถเข็นสองคันซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากทั้งสองคันชนกันและหยุดนิ่งหลังการชน จะเกิดผลอย่างไรเกี่ยวกับโมเมนตัมรวมของระบบนี้ จงอธิบาย

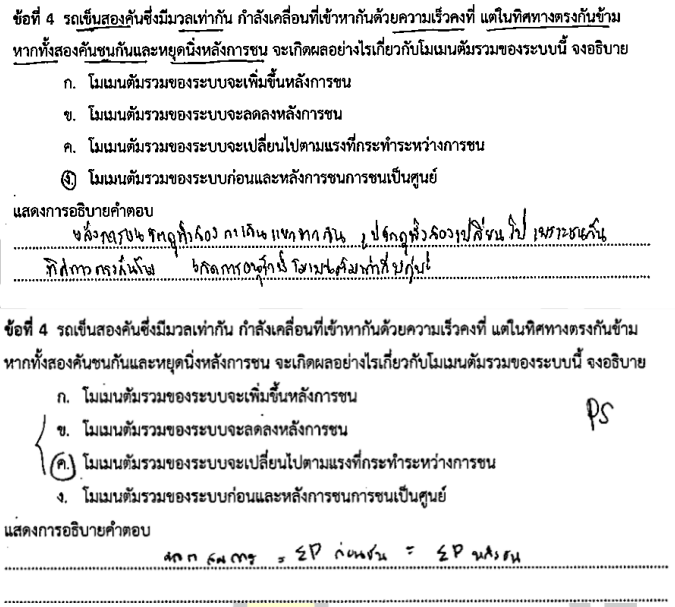
ก. โมเมนตัมรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นหลังการชน
ข. โมเมนตัมรวมของระบบจะลดลงหลังการชน
ค. โมเมนตัมรวมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน
ง. โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนการชนเป็นศูนย์

แสดงการอธิบายคำตอบ

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 11 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ได้ว่าเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมทำให้โมเมนตัมก่อนและหลังเป็นศูนย์แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ข้อที่ 4 รถเข็นสองคันซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากทั้งสองคันชนกันและหยุดนิ่งหลังการชน จะเกิดผลอย่างไรเกี่ยวกับโมเมนตัมรวมของระบบนี้ จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นหลังการชน
ข. โมเมนตัมรวมของระบบจะลดลงหลังการชน
ค. โมเมนตัมรวมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน
ง. โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนการชนเป็นศูนย์

แสดงการอธิบายคำตอบ

ข้อที่ 4 รถเข็นสองคันซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็วคงที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากทั้งสองคันชนกันและหยุดนิ่งหลังการชน จะเกิดผลอย่างไรเกี่ยวกับโมเมนตัมรวมของระบบนี้ จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นหลังการชน
ข. โมเมนตัมรวมของระบบจะลดลงหลังการชน
(ค.) โมเมนตัมรวมของระบบจะเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำระหว่างการชน
ง. โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนการชนเป็นศูนย์

PS

แสดงการอธิบายคำตอบ

ภาพที่ 12 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 12 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยมีกลุ่มนักเรียนที่เลือกคำตอบไม่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์โดยกล่าวถึงสมการอนุรักษ์โมเมนตัม แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมของระบบว่าสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมอย่างไรได้ และกลุ่มนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมของระบบว่าสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่าขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 5 เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น**

การที่วัตถุหนึ่งชนหรือกระทบกับอีกวัตถุหนึ่งในช่วงเวลาสั้นๆ หรือในบางครั้งวัตถุอาจไม่ได้กระทบกันแต่มีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วให้ผลเหมือนกับการชน ก็ถือว่าเป็นการชนกันลักษณะหนึ่ง ในการชนของวัตถุโดยมากมักมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ ซึ่งขนาดของแรงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของการชนกันของวัตถุ การชนกันในหนึ่งมิติ เป็นการชนกันในแนวตรง วัตถุทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน ในการชนกันของวัตถุพลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ โดยการชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น และผลรวมโมเมนตัมก่อนและหลังการชนมีค่าเท่ากัน โดยเขียนได้ดังสมการ $\sum k_{\text{ก่อนการชน}} = \sum k_{\text{หลังการชน}}$ และ $\sum P_{\text{ก่อนการชน}} = \sum P_{\text{หลังการชน}}$

ตารางที่ 15 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 18 | 46.15 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 19 | 48.72 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 2 | 5.13 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 15 พบว่านักเรียนร้อยละ 46.15 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามนิยามของการชนกันแบบยืดหยุ่น เมื่อวัตถุชนกันในแนวตรง โดยที่วัตถุทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ทั้งก่อนการชนและหลังการชนพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัว ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าภายหลังจากการชนกันของวัตถุนั้น จะมีการแลกเปลี่ยนความเร็วเพื่อให้ผลรวมของโมเมนตัมก่อนและหลังการชน และผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชนมีค่าคงตัว นักเรียนร้อยละ 48.72 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดย นักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและอธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนตัมของระบบจากการชนกันของวัตถุเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำได้แต่ยังไม่ชัดเจน เช่น โมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับหลังการชน จึงเกิดการแลกเปลี่ยนความเร็วซึ่งกันและกันทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์และนักเรียนร้อยละ 5.13 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายได้แต่มีความคลาดเคลื่อนขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ เช่น มวลน้อยเคลื่อนที่ไปตามมวลมากและความเร็วเท่ากัน, เมื่อวัตถุ 2 ก้อนเคลื่อนที่ชนกันแบบยืดหยุ่น โดยที่วัตถุที่เร็วกว่าจะถ่ายโอนไปยังวัตถุที่ช้ากว่า เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 13-15

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น

**ข้อสอบ** วัตถุมวลเบาสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยก่อนการชน วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็วเป็น 2 เท่าของอีกก้อนหนึ่ง ภายหลังการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

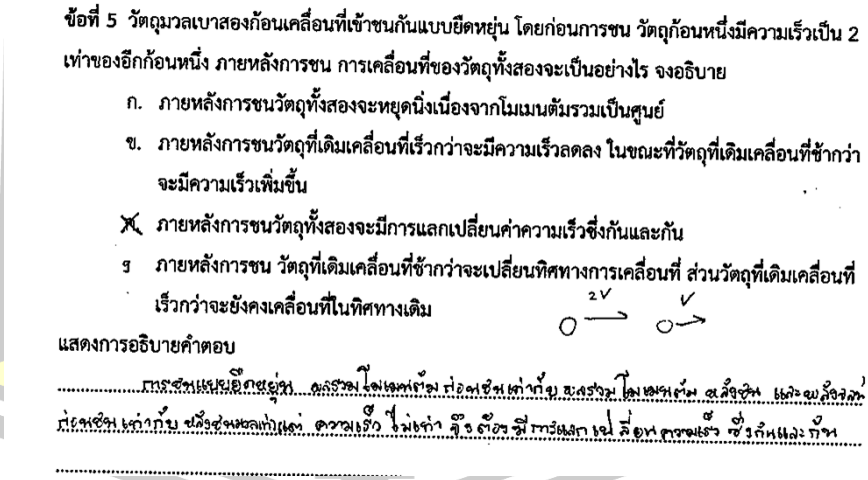
ก. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะหยุดนิ่งเนื่องจากโมเมนตัมรวมเป็นศูนย์

ข. ภายหลังการชนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะมีความเร็วลดลง ในขณะที่วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

ค. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน

ง. ภายหลังการชน วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะยังคงเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้สมบูรณ์ (CU)



**ข้อที่ 5** วัตถุมวลเบาสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยก่อนการชน วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็วเป็น 2 เท่าของอีกก้อนหนึ่ง ภายหลังการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะหยุดนิ่งเนื่องจากโมเมนตัมรวมเป็นศูนย์

ข. ภายหลังการชนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะมีความเร็วลดลง ในขณะที่วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

X ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน

ง ภายหลังการชน วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะยังคงเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

2V V

**แสดงการอธิบายคำตอบ**

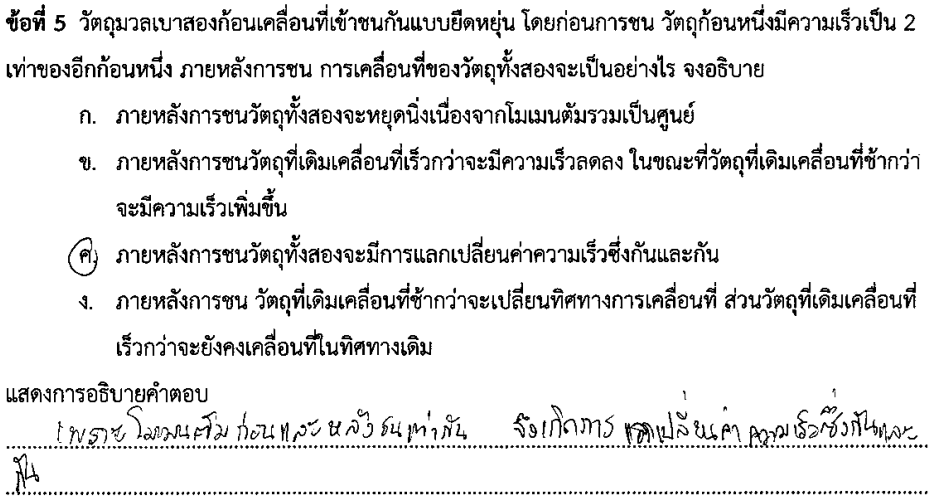
การชนแบบยืดหยุ่น ผลรวมโมเมนต์ตัม ก่อนชน เท่ากับ ผลรวมโมเมนตัม หลังชน และพลังงานก่อนชน เท่ากับ พลังงานหลังชน ความเร็ว ไม่เท่า ดุ๊ จะต้อง มีการผลัก ให้ วัตถุ ความเร็ว ขึ้นมา ถึงจะ

ภาพที่ 13 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 13 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการชนกันแบบยืดหยุ่นได้ ดังนี้ เนื่องจากผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน และพลังงานจลน์ก่อนการชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังการชน เมื่อความเร็วของรถไม่เท่ากัน

จึงต้องมีการแลกเปลี่ยนความเร็วซึ่งกันและกัน ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)



**ข้อที่ 5** วัตถุมวลเบาสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยก่อนการชน วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็วเป็น 2 เท่าของอีกก้อนหนึ่ง ภายหลังการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะหยุดนิ่งเนื่องจากโมเมนตัมรวมเป็นศูนย์

ข. ภายหลังการชนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะมีความเร็วลดลง ในขณะที่วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

(ค) ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน

ง. ภายหลังการชน วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะยังคงเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

แสดงการอธิบายคำตอบ

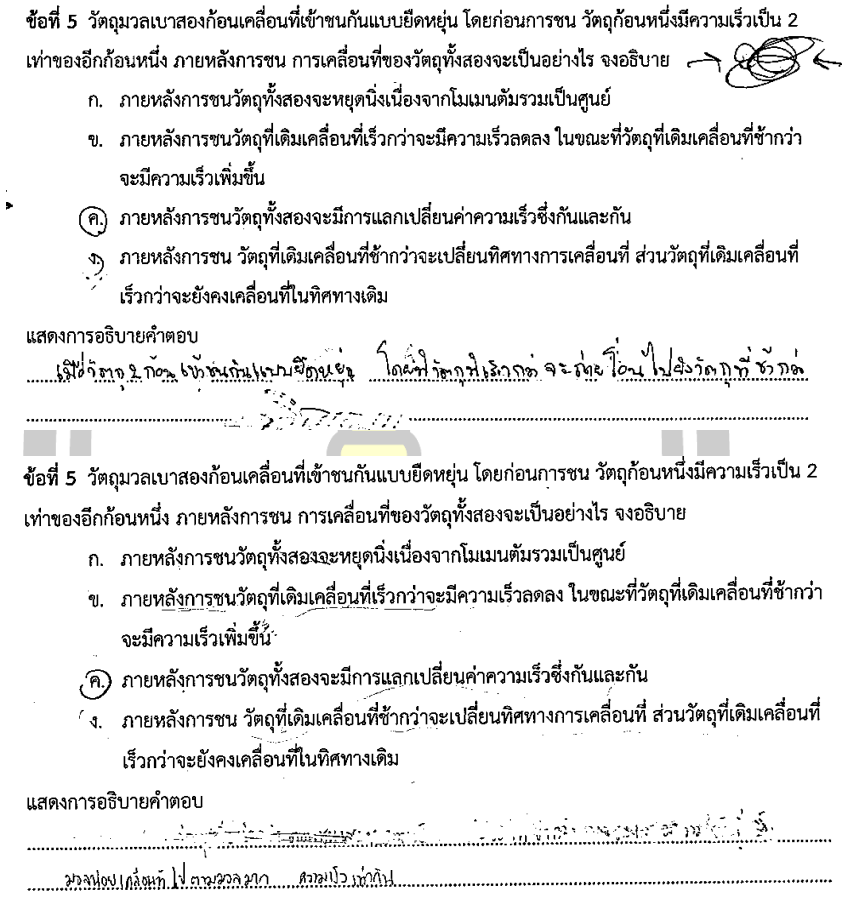
โมเมนตัม ก่อน และ หลัง ชนเท่ากัน จึงเกิดการ แลกเปลี่ยนค่า ความเร็วซึ่งกันและกัน

ภาพที่ 14 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 14 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของของการชนกันแบบยืดหยุ่นได้ ดังนี้เนื่องจากผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชน จึงเกิดการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน แต่ไม่สามารถอธิบายพลังงานจลน์รวมก่อนและหลังการชนว่าเป็นอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



**ข้อที่ 5** วัตถุมวลเบาสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยก่อนการชน วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็วเป็น 2 เท่าของอีกก้อนหนึ่ง ภายหลังการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะหยุดนิ่งเนื่องจากโมเมนตัมรวมเป็นศูนย์

ข. ภายหลังการชนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะมีความเร็วลดลง ในขณะที่วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

(ค.) ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน

ง. ภายหลังการชน วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะยังคงเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

แสดงการอธิบายคำตอบ

เมื่อวัตถุ 2 ก้อน เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยที่วัตถุที่เร็วกว่า จะถ่ายโอนไปยังวัตถุที่ช้ากว่า

**ข้อที่ 5** วัตถุมวลเบาสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกันแบบยืดหยุ่น โดยก่อนการชน วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็วเป็น 2 เท่าของอีกก้อนหนึ่ง ภายหลังการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะหยุดนิ่งเนื่องจากโมเมนตัมรวมเป็นศูนย์

ข. ภายหลังการชนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะมีความเร็วลดลง ในขณะที่วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

(ค.) ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนค่าความเร็วซึ่งกันและกัน

ง. ภายหลังการชน วัตถุที่เดิมเคลื่อนที่ช้ากว่าจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนวัตถุที่เดิมเคลื่อนที่เร็วกว่าจะยังคงเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

แสดงการอธิบายคำตอบ

มวลน้อย เคลื่อนที่ ไป ตามมวลมาก ความเร็วเท่ากัน

ภาพที่ 15 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 15 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบได้ถูกต้องและอธิบายตามสถานการณ์ได้เพียงการกล่าวถึงการเคลื่อนที่และมวลของวัตถุและการถ่ายโอนความเร็ว ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ของผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนและพลังงานจลน์ก่อนการชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังการชนได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้แต่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 6 เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น**

การที่วัตถุหนึ่งกระทบกับอีกวัตถุหนึ่งในช่วงเวลาสั้นๆ หรือในบางครั้งวัตถุอาจไม่ต้องกระทบกันแต่มีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วให้ผลเหมือนกับการชน ก็ถือว่าเป็นการชนกันลักษณะหนึ่งในการชนของวัตถุโดยมากมักมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ ซึ่งขนาดของแรงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของการชนกันของวัตถุ การชนกันในหนึ่งมิติ เป็นการชนกันในแนวตรง การชนของวัตถุที่มีแรงภายนอกมากระทำโดยมีค่ามากกว่าแรงดลของวัตถุแล้วเกิดการสูญเสียพลังงานจากการชนของวัตถุหรือระบบของวัตถุ จึงทำให้พลังงานจลน์ของวัตถุหรือระบบไม่เท่าเดิม เรียกว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการ $\sum k$ก่อนการชน > $\sum k$หลังการชน แต่โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ $\sum P$ก่อนการชน = $\sum P$หลังการชน

ตารางที่ 16 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 19 | 48.72 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 14 | 35.90 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 6 | 15.38 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 16 พบว่านักเรียนร้อยละ 48.72 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายการชนของวัตถุที่มีแรงภายนอกมากระทำโดยมีค่ามากกว่าแรงดลของวัตถุแล้วเกิดการสูญเสียพลังงานจากการชนของวัตถุหรือระบบของวัตถุ ซึ่งสามารถอธิบายสถานการณ์ของวัตถุสองก้อนมีมวลแตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าชนกันในแนวเส้นตรงแบบไม่ยืดหยุ่น ภายหลังการชน วัตถุทั้งสองยึดติดกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับวัตถุที่มีโมเมนตัมมากกว่า โดยพบว่าพลังงานจลน์รวมลดลงเนื่องจากเป็นการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น นักเรียนร้อยละ 35.90 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดย นักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถกล่าวถึงสมการผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน

แต่ไม่ชัดเจน เช่น จากสมการของ $\sum k$ก่อนการชน > $\sum k$หลังการชน, ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 15.38 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายความสัมพันธ์ของการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่นได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น การที่พลังงานบางส่วนสูญเสียไปเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานก่อนชนมากกว่าพลังงานหลังชน, เนื่องจาก $\sum p$ก่อน > $\sum p$หลัง จะได้ว่า $\sum k$ก่อน > $\sum k$หลัง เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 16-18

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

**ข้อสอบ** วัตถุสองก้อนที่มีมวลแตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าชนกันในแนวเส้นตรงแบบไม่ยืดหยุ่น ภายหลังการชน วัตถุทั้งสองยึดติดกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับวัตถุที่มีโมเมนตัมมากกว่า พลังงานจลน์รวมของระบบหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

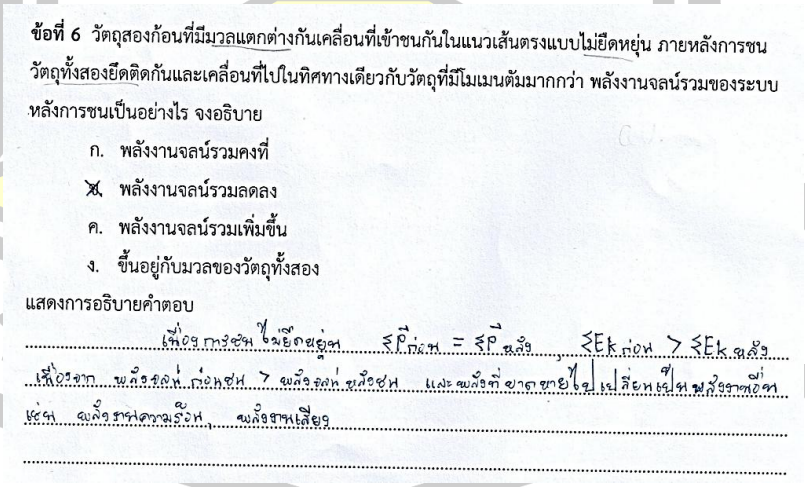
ก. พลังงานจลน์รวมคงที่

ข. พลังงานจลน์รวมลดลง

ค. พลังงานจลน์รวมเพิ่มขึ้น

ง. ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)



**ข้อที่ 6** วัตถุสองก้อนที่มีมวลแตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าชนกันในแนวเส้นตรงแบบไม่ยืดหยุ่น ภายหลังการชน วัตถุทั้งสองยึดติดกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับวัตถุที่มีโมเมนตัมมากกว่า พลังงานจลน์รวมของระบบหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. พลังงานจลน์รวมคงที่

ข. พลังงานจลน์รวมลดลง

ค. พลังงานจลน์รวมเพิ่มขึ้น

ง. ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง

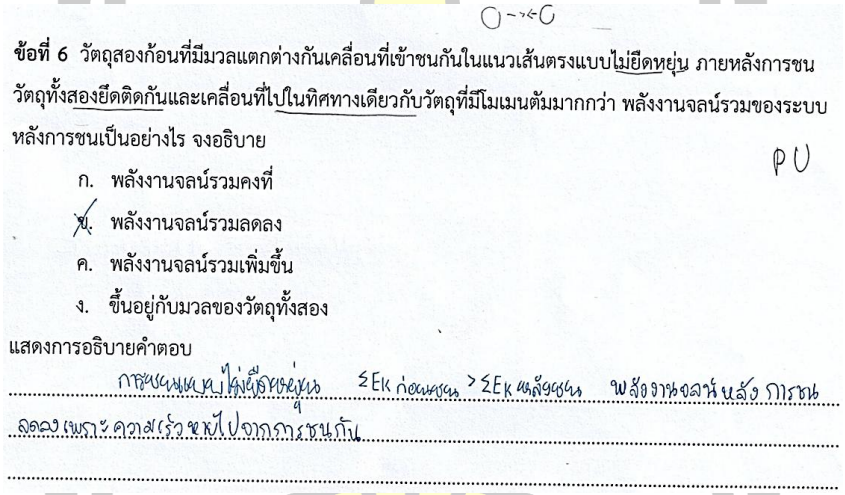
แสดงการอธิบายคำตอบ

เพราะว่า การชนไม่ยืดหยุ่น $\sum p$ก่อน = $\sum p$หลัง, $\sum Ek$ก่อน > $\sum Ek$หลัง เพราะว่า พลังงานก่อนชน > พลังงานหลังชน และพลังงานที่หายไป เปลี่ยนเป็น พลังงานอื่น เช่น พลังงานความร้อน, พลังงานเสียง

ภาพที่ 16 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 16 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายการชนของวัตถุที่มีแรงภายนอกมากระทำโดยมีค่ามากกว่าแรงดลของวัตถุแล้วเกิดการสูญเสียพลังงานจากการชนของวัตถุหรือระบบของวัตถุ ซึ่งการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น $\sum p$ก่อนการชน = $\sum p$หลังการชน และ $\sum k$ก่อนการชน > $\sum k$หลังการชน เนื่องจากพลังงานจลน์ก่อนชนมากกว่าพลังงานจลน์หลังชน และพลังงานที่ขาดหายไปเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานความร้อน, พลังงานเสียง ทำให้พลังงานจลน์รวมของระบบลดลง ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)



**ข้อที่ 6** วัตถุสองก้อนที่มีมวลแตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าชนกันในแนวเส้นตรงแบบไม่ยืดหยุ่น ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองยึดติดกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับวัตถุที่มีโมเมนตัมมากกว่า พลังงานจลน์รวมของระบบหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

PU

ก. พลังงานจลน์รวมคงที่

ข. พลังงานจลน์รวมลดลง

ค. พลังงานจลน์รวมเพิ่มขึ้น

ง. ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง

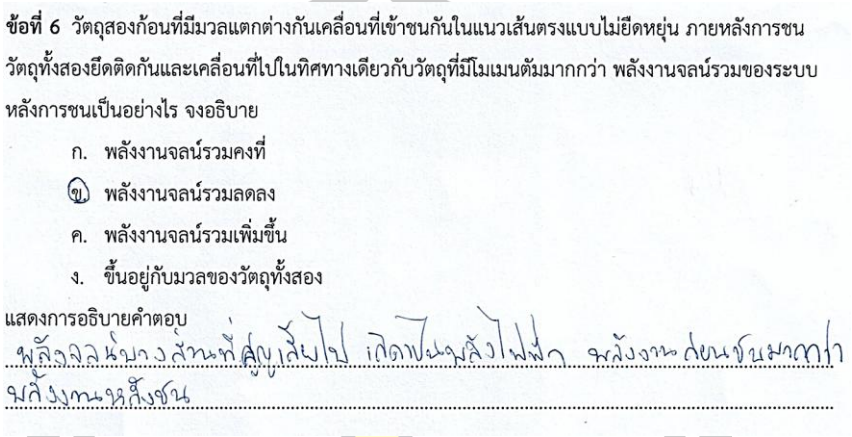
แสดงการอธิบายคำตอบ

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น $\Sigma E_k$ ก่อนชน > $\Sigma E_k$ หลังชน พลังงานจลน์หลังการชนลดลงเพราะความเร็วหายไปจากการชนกัน

ภาพที่ 17 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 17 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายการชนของวัตถุที่ชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น $\sum k$ก่อนการชน > $\sum k$หลังการชน พลังงานจลน์หลังการชนที่ลดลงเพราะความเร็วหายไปจากการชนกัน แต่ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของผลรวมของโมเมนตัมก่อนและหลังการชนและการสูญเสียพลังงานจลน์รวมหลังการชนที่เปลี่ยนรูป ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้แต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


ข้อที่ 6 วัตถุสองก้อนที่มีมวลแตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าชนกันในแนวเส้นตรงแบบไม่ยืดหยุ่น ภายหลังการชนวัตถุทั้งสองยึดติดกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับวัตถุที่มีโมเมนตัมมากกว่า พลังงานจลน์รวมของระบบหลังการชนเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. พลังงานจลน์รวมคงที่

ข. พลังงานจลน์รวมลดลง

ค. พลังงานจลน์รวมเพิ่มขึ้น

ง. ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง

แสดงการอธิบายคำตอบ

พลังงานบางส่วนที่สูญเสียไป เกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานก่อนชนมากกว่าพลังงานหลังชน

ภาพที่ 18 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 18 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบถูกและอธิบายการชนของวัตถุที่ชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น ดังนี้ การที่พลังงานบางส่วนสูญเสียไปเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานก่อนชนมากกว่าพลังงานหลังชน แต่ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของงผลรวมของโมเมนตัมและพลังงานจลน์ก่อนและหลังการ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของวัตถุได้ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

**มโนมติย่อยที่ 7 เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ**

การที่วัตถุมีการแยกหรือแตกออกจากกัน โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งมีเงื่อนไขเหมือนกับการชนใน การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น คือ ผลรวมของโมเมนตัม $\sum p$ ก่อนระเบิด = $\sum p$หลังระเบิด ส่วนพลังงานจลน์ของวัตถุในการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติหรือการระเบิด พบว่าผลรวมพลังงานจนล์หลังการระเบิด จะมีค่ามากกว่าผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนระเบิด เขียนได้ดังสมการ $\sum k$ก่อนระเบิด < $\sum k$หลังระเบิด เนื่องจากในการระเบิดพลังงานที่สะสมอยู่ในรูปอื่น ๆ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของวัตถุหลังการระเบิด

ตารางที่ 17 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ

| กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ | จำนวน นักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) | 22 | 56.41 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) | 13 | 33.33 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) | 4 | 10.26 |
| กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) | 0 | 0.00 |
| กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (NU) | 0 | 0.00 |

จากตารางที่ 17 พบว่านักเรียนร้อยละ 56.41 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุ เมื่อ วัตถุมีการแยกหรือแตกออกจากกัน โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ผลรวมของโมเมนตัม $\sum p$ก่อนระเบิด = $\sum p$หลังระเบิด และผลรวมพลังงานจลน์หลังการระเบิด จะมีค่ามากกว่าผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนระเบิด นักเรียนร้อยละ 33.33 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดย นักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถเลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายถึงการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุได้ยังไม่ชัดเจน เช่น ในแนวแกน x โมเมนตัมจะเท่ากับ 0 เพราะไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 10.26 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น เพราะว่าวัตถุทั้งสองแยกจากกันไปทิศทางตรงข้ามเสมอ,วัตถุดีดออกจากกันไปคนละทาง,เหมือนกับการยิงธนูลูกดอกไปข้างหน้า ธนูอยู่กับที่ เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 19-21

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุ

**ข้อสอบ** ในเหตุการณ์การระเบิดของวัตถุสองก้อนที่แยกออกจากกันด้วยแรงภายในในแนว 1 มิติ โดยระบบนี้ไม่มีแรงภายนอกกระทำ หากต้องการอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองหลังกระบวนการระเบิดในแง่ของทิศทางและโมเมนตัมจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

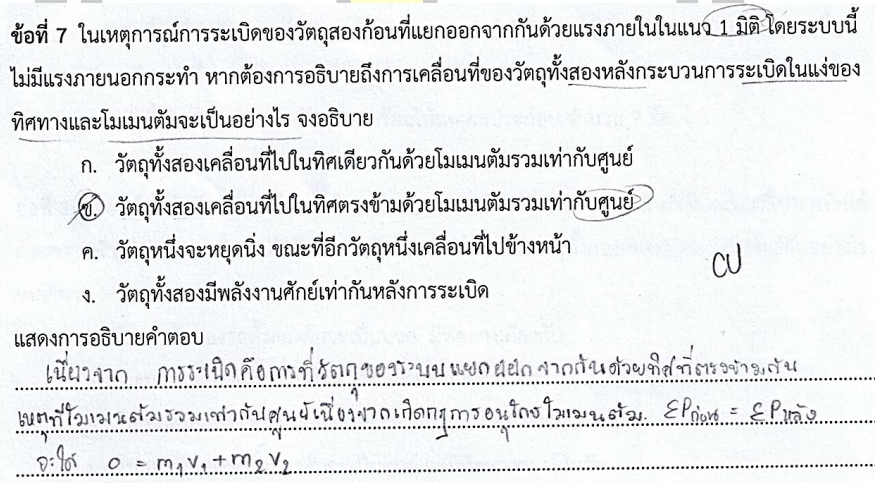
ก. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ข. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ค. วัตถุหนึ่งจะหยุดนิ่ง ขณะที่อีกวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ง. วัตถุทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากันหลังการระเบิด

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้มโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)


ข้อที่ 7 ในเหตุการณ์การระเบิดของวัตถุสองก้อนที่แยกออกจากกันด้วยแรงภายในในแนว 1 มิติ โดยระบบนี้ไม่มีแรงภายนอกกระทำ หากต้องการอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองหลังกระบวนการระเบิดในแง่ของทิศทางและโมเมนตัมจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ข. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ค. วัตถุหนึ่งจะหยุดนิ่ง ขณะที่อีกวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ง. วัตถุทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากันหลังการระเบิด

CU

แสดงการอธิบายคำตอบ

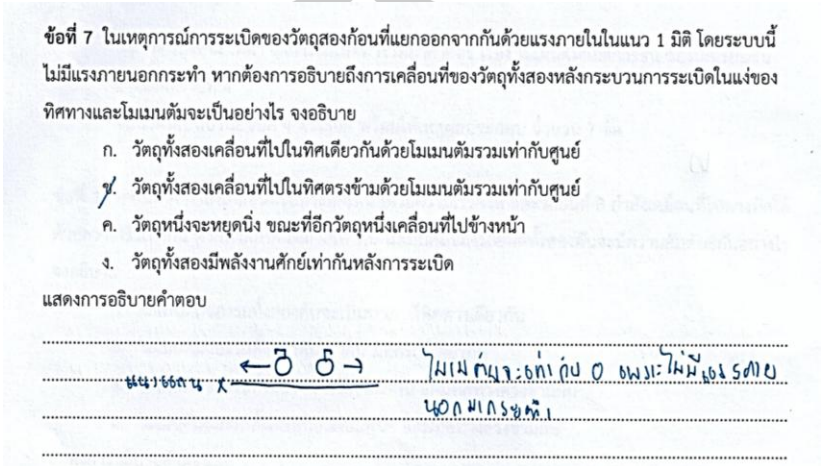
เนื่องจาก การระเบิดคือการที่วัตถุของระบบ แยกตัวออกจากกันด้วยพลังงานจลน์ ในเทอมที่โมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์เนื่องมาจากเกิดการอนุรักษ์โมเมนตัม $\sum p_{ก่อน} = \sum p_{หลัง}$

จะได้ $0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

ภาพที่ 19 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 19 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุ เมื่อ วัตถุมีการแยกหรือแตกออกจากกันจะเคลื่อนที่ออกไปในทิศทางตรงกันข้ามและโมเมนตัมรวมมีค่าเท่ากับศูนย์ ผลรวมของโมเมนตัม $\sum p_{ก่อนระเบิด} = \sum p_{หลังระเบิด}$ โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ จะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


ข้อที่ 7 ในเหตุการณ์การระเบิดของวัตถุสองก้อนที่แยกออกจากกันด้วยแรงภายในในแนว 1 มิติ โดยระบบนี้ไม่มีแรงภายนอกกระทำ หากต้องการอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองหลังกระบวนการระเบิดในแง่ของทิศทางและโมเมนตัมจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ข. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

ค. วัตถุหนึ่งจะหยุดนิ่ง ขณะที่อีกวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ง. วัตถุทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากันหลังการระเบิด

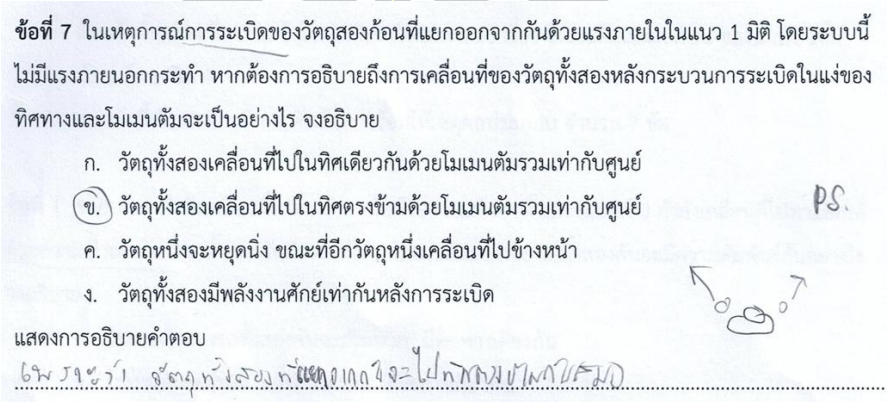
แสดงการอธิบายคำตอบ

ภาพที่ 20 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 20 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุความสัมพันธ์ตามการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุ เมื่อเกิดวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามในแนวแกน x โดยโมเมนตัมจะเท่ากับ 0 เพราะไม่มีแรงภายนอกมากระทำแต่ไม่สามารถอธิบายสถานการณ์ว่าการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุว่าสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและผลรวมโมเมนตัมของวัตถุเป็นอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบของคำตอบได้ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)


**ข้อที่ 7** ในเหตุการณ์การระเบิดของวัตถุสองก้อนที่แยกออกจากกันด้วยแรงภายในในแนว 1 มิติ โดยระบบนี้ไม่มีแรงภายนอกกระทำ หากต้องการอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองหลังกระบวนการระเบิดในแง่ของทิศทางและโมเมนตัมจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์

(ข.) วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วยโมเมนตัมรวมเท่ากับศูนย์ PS.

ค. วัตถุหนึ่งจะหยุดนิ่ง ขณะที่อีกวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ง. วัตถุทั้งสองมีพลังงานศักย์เท่ากันหลังการระเบิด

แสดงการอธิบายคำตอบ

ภาพที่ 21 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 21 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยมีกลุ่มนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายสถานการณ์โดยกล่าวถึงการดีดตัวแยกจากกันของวัตถุสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อดีดตัวหรือเกิดการระเบิดแต่ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ผลรวมของโมเมนตัมก่อนและหลังการดีดตัวหรือการระเบิดได้ว่าสอดคล้องกันอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของการดีดตัวหรือการระเบิดของวัตถุได้ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์โดยสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญตามความสัมพันธ์ของโมเมนตัมและการชนได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ในทุกมโนมติ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08

1.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One sample t-test ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | คะแนนเต็ม | $\bar{x}$ (n=39) | S.D. | $\mu_0$ (70%) | t | df | p | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| หลังเรียน | 20.00 | 15.18 | 1.68 | 14.00 | 56.83* | 38.00 | 0.00 | 75.90 |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 18 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 15.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 5

## สรุปผลอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน สามารถสรุปผลได้ตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

**ความมุ่งหมายของวิจัย**

1. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

**สรุปผล**

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. นักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 และมีจำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08
2. นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 15.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**อภิปรายผล**

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน พบว่ามีประเด็นที่นำมาอภิปราย ดังนี้

**1. การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์**

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนร้อยละ 23.08 ยังคงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งสะท้อนถึงการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยการกระตุ้นนักเรียนจากสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างความรู้หรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่นักเรียน ซึ่งการที่นักเรียนสามารถพัฒนาไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องได้นั้น เป็นผลจากกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานที่เป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนได้ทราบถึงความรู้ความเข้าใจเดิมของตนเองทำให้เกิดกระบวนการทบทวนและปรับโครงสร้างแนวคิดใหม่ ผ่านการอภิปรายและการทดลอง นักเรียนได้เห็นหลักฐานที่ขัดแย้งกับแนวคิดเดิมของตนเอง ซึ่งช่วยให้เกิดการปรับเปลี่ยนแนวคิดไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น ทำให้เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง (Madu & Orji, 2015) และในขั้นของการจัดการเรียนรู้นั้น ขั้นตอนแรก เป็นขั้นกระตุ้นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ (Activation of Preconception and Misconception) ผู้วิจัยใช้สถานการณ์พร้อมกับตั้งประเด็นคำถามจากสถานการณ์ เช่น สถานการณ์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการใช้โปรแกรม Phet simulation จากนั้นนักเรียนจะได้ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมตามความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับแนวคิด ในเรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งช่วยให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมของตนเอง และมีความเข้าใจแนวคิดในเนื้อหาวิชาได้ดีมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mufit et al. (2022) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาผสานกับการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง เพื่อพัฒนาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง การเคลื่อนที่ในเชิงเส้น แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความเข้าใจผ่านกิจกรรม ทำ

ให้เกิดการปรับโครงสร้างทางความคิด ช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและเพิ่มโอกาสให้นักเรียนสร้างแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นั้นช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ได้ จากนั้นในขั้นนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา (Presentation of Cognitive Conflict) ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ตัวอย่างและคำถามเพื่อให้นักเรียนทราบว่าความเข้าใจเดิมของตนเองก่อนหน้านี้มีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากเมื่อนักเรียนได้เปรียบเทียบผลจากสถานการณ์จำลองกับความเข้าใจเดิม นักเรียนจะพบว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงไม่สอดคล้องกับแนวคิดเดิม จึงเกิดความขัดแย้งที่กระตุ้นให้เกิดการตั้งคำถามและแสวงหาความรู้ใหม่ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่นักเรียนเกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับแนวคิดเดิมของตนเองและถูกกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน ทำให้นักเรียนพบกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ขัดแย้งกับความเชื่อเดิม (Mufit & Fauzan, 2019; Mufit & Fauzan, 2023; Potvin, 2023) โดยการที่ครูใช้สถานการณ์หรือการทดลองที่ขัดแย้งกับแนวคิดเดิมของนักเรียน ทำให้นักเรียนต้องตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดที่ตนเองและนำไปสู่การปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเอง (Mufit & Fauzan, 2019; Mufit & Fauzan, 2023) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheng and Sun (2025) ที่ศึกษาความสำคัญของความขัดแย้งทางปัญญาในกระบวนการสอนในห้องเรียน พบว่า การใช้ความขัดแย้งทางปัญญาในห้องเรียนสามารถกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและสำรวจความเข้าใจของตนเอง เพิ่มการมีส่วนร่วมและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และในขั้นของการค้นพบแนวคิดและสมการ (Discovery of Concepts and Equations) ซึ่งนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลองร่วมกันจะทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพการเคลื่อนที่และเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากนักเรียนจะได้ทำการทำการสังเกต วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานทางฟิสิกส์ รวมทั้งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และค้นพบสมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และขั้นตอนการอภิปรายและประเมินผล (Reflection) ผู้วิจัยตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสรุปแนวคิดจากการทดลอง โดยนักเรียนได้มีโอกาสสะท้อนความคิดของตนเอง เปรียบเทียบกับความคิดเห็นของเพื่อน และเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยการอภิปรายร่วมกันนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดที่ผิดพลาดได้ดีขึ้น (Mufit & Fauzan, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sutopo et al. (2020) ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของความขัดแย้งทางปัญญาของนักเรียน โดยระบุว่าการอภิปรายกลุ่มเป็นปัจจัยสำคัญในการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน ในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสม เช่น การใช้สถานการณ์หรือคำถามที่

เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน การใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น วิดีโอ หรือโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Defrianti et al. (2021) ได้ทำการออกแบบสื่อการสอนที่ใช้แนวคิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยผสานการวิเคราะห์วิดีโอการทดลองจริง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hayati and Mufit (2023) ที่ได้ทำการพัฒนาสื่อการสอนที่ผสานกลยุทธ์ความขัดแย้งทางปัญญากับเทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ซึ่งพบว่าการใช้วิดีโอแสดงการทดลองจริงสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจโมโนมติของโมเมนตัมและการชนได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการปฏิบัติการทดลองจริงเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ยังมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ โดยมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 23.08 อาจเกิดจากพื้นฐานความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็ว และปริมาณโมเมนตัม รวมถึงแนวคิดเรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งเป็นแนวคิดนามธรรมที่นักเรียนบางคนยังไม่สามารถจินตนาการหรือเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ จากการสังเกตของผู้วิจัยในชั้นเรียนพบว่า เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมจำลองการชนหรือวิเคราะห์สถานการณ์ เช่น รถสองคันชนกันแล้วเคลื่อนที่ไปด้วยกัน นักเรียนบางคนยังสับสนในเรื่องของการรวมเวกเตอร์โมเมนตัม หรือไม่เข้าใจว่าทำไมผลรวมของโมเมนตัมต้องเท่าเดิมก่อนและหลังการชนในระบบปิด สอดคล้องกับ Sevim (2013) ที่กล่าวว่าข้อจำกัดในการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับแนวคิดทางฟิสิกส์อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่ยังมีแนวคิดพื้นฐานไม่แข็งแรง รวมถึงระดับของความขัดแย้งทางปัญญาที่เกิดขึ้น หากความขัดแย้งที่นำเสนอมีความซับซ้อนเกินไป นักเรียนอาจเกิดความขัดแย้งทางปัญญาแต่ยังคงเชื่อมั่นในความเข้าใจเดิมของนักเรียนเอง หรืออาจทำให้เกิดความสับสนแทนที่จะนำไปสู่การสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง (Lee & Byun, 2012) เมื่อผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ที่กระตุ้นความขัดแย้งทางปัญญา เช่น การชนของวัตถุที่มีมวลต่างกัน พบว่านักเรียนบางคนสามารถแสดงความคิดได้อย่างหลากหลายและกล้าแสดงความคิดเห็น ซึ่งช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนแนวคิดและกระตุ้นให้เกิดการตั้งคำถามเชิงลึกมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่กล้าแสดงความเห็น แม้จะมีแนวคิดหรือคำตอบอยู่ในใจแล้วก็ตาม อันเนื่องมาจากความไม่มั่นใจในความรู้ของตนเอง หรือความกลัวที่จะตอบผิดในที่สาธารณะ ส่งผลให้ขาดโอกาสในการแลกเปลี่ยนความเข้าใจที่อาจคลาดเคลื่อนกับเพื่อนหรือครูอย่างเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khoeriah et al. (2024) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้กลยุทธ์การเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านความและศึกษาผลของทัศนคติแบบกล้าแสดงออก พบว่า ปัจจัยด้านความกล้าในการอภิปราย ตลอดจนความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ก่อน

หน้า จึงอาจเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในมโนมติที่สามารถสร้างสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Makhrus & Hidayatullah, 2021) อย่างไรก็ตามในมโนมติที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม การจัดการเรียนรู้เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรมีการออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ได้ดีขึ้น เช่น การใช้เทคโนโลยีจำลองสถานการณ์หรือการจัดกิจกรรมที่ให้ใกล้เคียงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนมากขึ้น จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนทางมโนมติและส่งเสริมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

**2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม**

การศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 15.18 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานว่าสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้หรือแนวคิดเดิมของตนเอง เช่น การเคลื่อนที่ชนของวัตถุ เมื่อเกิดการชนระหว่างวัตถุสองชิ้น นักเรียนอาจมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการกระจายของพลังงานหรือการเปลี่ยนแปลงของความเร็วหลังการชน ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้และต้องการค้นหาคำตอบเพื่อคลี่คลายความขัดแย้งนั้น มีกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิดเดิมและสร้างความเข้าใจใหม่ที่ถูกต้อง โดยการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการเผชิญกับสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับแนวคิดเดิมของตนเอง ซึ่งช่วยกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และนำไปสู่การปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่ถูกต้องยิ่งขึ้น (Lee & Byun, 2012) ซึ่งการที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจนิยามและปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น เนื่องจากในขั้นการจัดการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญาผ่านสถานการณ์ที่ท้าทายความรู้เดิม ปฏิบัติการทดลองและกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปที่

ถูกต้อง การจัดการเรียนรู้นี้ได้รับการยืนยันจากหลายงานวิจัยว่ามีส่วนช่วยพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Partono (2024) พบว่า กระบวนการตั้งคำถาม วิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เนื่องจากการมีส่วนร่วมในกระบวนการนี้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับประสบการณ์จริง ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Widia et al. (2022) ที่ศึกษาผลกระทบของการใช้การจัดการเรียนรู้ความขัดแย้งทางปัญญาต่อผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนและ (Hayati & Mufit, 2023) ที่ได้ทำการพัฒนาสื่อการสอนที่ผสานกลยุทธ์ความขัดแย้งทางปัญญากับเทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ซึ่งระบุว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจเพิ่มขึ้นหลังจากใช้การเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญา นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Defrianti et al. (2021) ที่ศึกษาการการออกแบบสื่อการสอนที่ใช้แนวคิดความขัดแย้งทางปัญญาเรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่า การใช้สื่อการสอนเสริม เช่น วิดีโอวิเคราะห์ผลการทดลองและวิดีโอจำลอง ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น เพราะสื่อเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพและเข้าใจทฤษฎีผ่านประสบการณ์และสถานการณ์จริง โดยการใช้วิธีการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องขึ้นในตัวนักเรียน นอกจากนี้งานวิจัยของ Mufit et al. (2022) ที่ได้ทำการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในเชิงเส้นยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาจะสามารถอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น ลดการท่องจำ และสามารถถ่ายทอดความเข้าใจของตนเองผ่านการอภิปรายได้ดีขึ้น เนื่องจากการทำกิจกรรมที่กระตุ้นการใช้ความคิดและการอภิปรายร่วมกันนั้น ช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติจริง ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น โดยการเรียนรู้ผ่านการทดลองและการอภิปรายร่วมกันช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจทางฟิสิกส์ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพ (Agustin, 2024) โดยเฉพาะเมื่อผู้วิจัยออกแบบคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดของตนเองและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่น เปรียบเทียบกับความคิดของตน และเกิดการทบทวนแนวคิดที่มีอยู่เดิม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนให้เข้าใกล้ความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Rusmini et al., 2024) การเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (Rosimanidar et al., 2024)

แต่ยังส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (Mufit et al., 2022; Tika & Mufit, 2024)

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการเผชิญกับสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับแนวความคิดเดิม ส่งผลให้เกิดการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดไปสู่แนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพ

**ข้อเสนอแนะ**

**4.1. ข้อเสนอแนะทั่วไป**

4.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานเป็นรูปแบบที่นักเรียนไม่คุ้นชิน ครูจึงควรอธิบายแนวทางการเรียนรู้แบบนี้จะเน้นการเผชิญกับสถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความคิดเดิมของตนเอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการคิดทบทวนและสร้างความเข้าใจใหม่

4.1.2 การเสนอสถานการณ์ความขัดแย้งทางปัญญา ควรนำเสนอสถานการณ์ที่เข้าใจง่ายและเป็นสถานการณ์ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพได้ง่ายขึ้น

4.1.3 ผู้สอนควรสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปิดกว้าง เนื่องจากนักเรียนอาจรู้สึกไม่มั่นใจเมื่อเผชิญกับความขัดแย้งทางปัญญา ครูควรส่งเสริมบรรยากาศที่นักเรียนกล้าถกเถียง แสดงความคิดเห็น และทดลองแนวคิดของตนเองโดยไม่ต้องกลัวความผิดพลาด

4.1.4 ครูควรมีการจัดสรรเวลาในการจัดกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและเหมาะสมกับกิจกรรมนั้นๆ เพื่อให้ดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

**4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

4.2.1 ในการทดลองในเรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น การดีดตัวแยกจากกันของวัตถุ เป็นการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องกับผลรวมของพลังงานจลน์ ซึ่งยากต่อผู้เรียนเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ การวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจใช้การทดลองในรูปแบบอื่นๆ หรือการทดลองที่วิเคราะห์ด้วยวิดีโอให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้แอนนิเมชั่นหรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

4.2.2 ขณะทำกิจกรรมนักเรียนมีการพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแก้ไขแนวคิดให้ถูกต้อง ซึ่งแสดงออกถึงทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจนำการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานไปพัฒนาความสามารถ

ทางวิทยาศาสตร์ที่ สำคัญด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

4.2.3 ในการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ได้ตามจุดมุ่งหมายทั้งหมด จะเห็นได้จากผลการวิจัยที่นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือระดับ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำเทคนิคอื่นๆ มาร่วมด้วย เช่น การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ดียิ่งขึ้น

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

**บรรณานุกรม**


กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

เบญจพร อินทรสด. (2553). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลต์ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป*.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา,มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ไพศาล วรคำ.(2562). การวิจัยทางการศึกษา = Education reserch.มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์

ไพศาล หวังพานิช. (2526). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

ชนะพงศ์ คำทา. (2560). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Predict-Discuss-Explain-Observe-Discusstion-Explain(PEDODE).ฐานวิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ชนาธิป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้ (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต ชูกำแพง.(2550). การประเมินการเรียนรู้มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ชุติมา รอดสุด. (2550). ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐริกา ผายเมืองฮุง (2558). ความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในขั้นประเมินผล.คลังวิทยานิพนธ์และงานวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2561). *การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา*.มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี.(2540). การวิจัยทางการศึกษา.กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิศนา แขมมณี.(2550). การสอนจิตวิทยาการเรียนรู้ เรื่องศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภา เมธาวิชัย. (2536). การประเมินผลการเรียน. (พิมพครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ :สถาบันราชภัฏธนบุรี.

บุษรินทร์ กุณามาและ สุทธิดา จำรัส. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารศึกษาศาสตรปริทัศน์*, *37*(3), 144-158.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง.(2551). *การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงความคิด.*วารสารศึกษาศาสตร์, 31,35-40.

ปาริชาติ สุทธิพันธ์และมังกร ศรีสะอาด (2565). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมี เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *16*(2), 29-43.

ปราณี หลำเบ็ญสะ. (2559). การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

พรหม ผูกดวง. (2524). ผลของการสอนตามแนวคอนสตรีคติวิสซึม ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิชชาพร ประยูรอนุเทพ, ขวัญ อารยะธนิตกุล และแสงกฤช กลั่นบุศย์.(2567). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตและพลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์, ปีที่ 46ฉบับที่ 4 (2023): ตุลาคม - ธันวาคม 2566

พิรภูมิ สิงห์สถิตย์ (2565) การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ สืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติเรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพศาล หวังพานิช. 2526. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ภพ เสาหไพบูลย์.(2542. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:ไทยวัฒนาพานิช.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.(2531). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร :สุวีริยาสาส์น

วรรณจรีย์ มังสิงห์. (2541). *เอกสารประกอบการสอน วิชาการเรียนรู้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์*.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วนิดา ดีแป้น. (2553). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเลย โดยการวิเคราะห์พหุระดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

ศรีนภา ภาคภูมิและน้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ (2554). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain(POE).วารสารศึกษาศาสตร์, ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษาปีที่ 5, ปีที่ 4, ตุลาคม - ธันวาคม 2554. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญและอนิต้า หล้าจิ. (2563). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทคโนโลยีผ่านไอแพดในเรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก.*วารสาร ศึกษา ศาสตร์ปริทัศน์*, *35*(3).

สงวนศรี ภักติยานุวรรตน์. (2538). *แนวคิดหลักของวิชาฟิสิกส์*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *วิทยาศาสตร์ในยุคใหม่*. สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ วิชา ฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.

สมเจตน์ อุระศิลป์. (2553). การสำรวจและปรับแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สมชาย รัตนทองคำ.(2554). เอกสารประกอบการสอน การสอนทางกายภาพบำบัด ภาคต้นปีการศึกษา 2554

สังวาลย์ อติรัตนวงษ์. (2556). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson & Hewson (2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. (วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. (109)

สุนิษา คำสะอาดและวิมล สำราญวานิช (2558). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการสืบพันธุ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของ Hewson & Hewson (2003):วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิทย์ มูลคำ และคณะ. (2551). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 7). ภาพพิมพ์

สุวิชา วันสุดล. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตรและความสามารถในการคิดแก ปัญหาทางวิทยาศาสตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู โดยใช้เทคนิคการสอนแบบ 4 MAT และการจัดการเรียนรูโดยใชรูปแบบซิปปา. วิทยานิพนธปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุรีรัตน์ กาหลงและไพศาล วรคำ.(2567). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 4(1), 1–14. https://doi.org/10.60027/iarj.2024.270797

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. (2548).การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะ การ ทดลอง โดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์. สาระนิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อพันตรี พูลพุทธา. (2564). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*.มหาสารคาม:ตักศิลาการพิมพ์

อารยา กลิ่นศรีสุข. (2563). การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และเจคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในการเรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนภาพ Submicroscopic.

Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman.

Agustin, N. (2024). The Influence of a Generative Learning Model Based on Wave Material Cognitive Conflict on Student Learning Outcomes at Sman 5 Payakumbuh. *Physics Learning and Education*, *2*(2), 81-88. https://doi.org/https://doi.org/10.24036/ple.v2i2.127

Akmam, A., Anshari, R., Amir, H., Jalinus, N., & Amran, A. (2018). Influence of learning strategy of cognitive conflict on student misconception in computational physics course. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,

Al Faizah, W., & Aminah, N. (2019). Analysis of Student Concepts Understanding in Solving Scientific Literacy on the Topic of Momentum and Impulse. Journal of Physics: Conference Series,

Amira, S., Firmansyah, D., & Ramadhani, C. I. (2023). Analysis of Momentum and Impulse Misconceptions of College Students Using Four-Tier Diagnostic Tests. *International Journal of Education and Teaching Zone*, *2*(3), 349-359. https://doi.org/10.57092/ijetz.v2i3.146

Anggraeni, D. M., & Suliyanah, S. (2017). Diagnosis miskonsepsi siswa pada materi momentum, impuls, dan tumbukan menggunakan three-tier diagnostic test. *Inovasi Pendidikan Fisika*, *6*(3).

Arifin, R., Tandililing, E., & Hamdani, H. (2019). INTEGRASI REMEDIASI MISKONSEPSI PESERTA DIDIK DENGAN MODEL PEMBELAJARAN ECIRR BERBANTUANPHET SIMULATION MOMENTUM DAN IMPULS DI SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, *8*(6).

Cheng, M., & Sun, X. (2025). On Cognitive Conflict in the College Classroom Teaching. *World Journal of Educational Research*, *12*, p24. https://doi.org/10.22158/wjer.v12n1p24

Chow, T.-C., & Treagust, D. (2013). An intervention study using cognitive conflict to foster conceptual change. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, *36*(1), 44-64.

Defrianti, R., Mufit, F., & Hidayat, Z. (2021). Design of Cognitive Conflict-Based Teaching Materials Integrating Real Experiment Video Analysis on Momentum and Impulse Materials to Improve Students' Concept Understanding. *Pillar of Physics Education*, *14*(2), 97-108. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24036/11155171074

Hayati, M., & Mufit, F. (2023). Needs Analysis Of Cognitive Conflict Teaching Materials Integrated with Augmented Reality Global Warming Material. *Physics Learning and Education*, *1*(4), 204-210.

Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional science*, *13*(1), 1-13.

Hikmatunnisa, D., & Mahmudah, D. (2019). Remediasi Miskonsepsi Menggunakan Model Flipped Classroom Materi Impuls dan Momentum di SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, *8*(3).

Husnah, I., Muslim, M., & Samsudin, A. (2019). *K-10 Students' Conceptual Understanding of Linear Motion Concept: A Case Study*.

Khoeriah, S., Sunarno, W., & Pujayanto, P. (2024). Scientific Approach in Cognitive Conflict Strategy: Effects on Cognitive Learning Outcomes Based on the Assertive Attitude of High School Students. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, *14*(1), 52-64. https://doi.org/https://doi.org/10.20961/jmpf.v14i1.63264

Lee, G., & Byun, T. (2012). An explanation for the difficulty of leading conceptual change using a counterintuitive demonstration: The relationship between cognitive conflict and responses. *Research in Science Education*, *42*, 943-965. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11165-011-9234-5

Lee, G., & Kwon, J. (2001). What Do We Know about Students' Cognitive Conflict in Science Classroom: A Theoretical Model of Cognitive Conflict Process.

Lee, G., Kwon, J., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (2003). Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary‐level science classes. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *40*(6), 585-603.

Lestari, P. (2020). Instructional Materials for Discovery Learning with Cognitive Conflict Approach to Improve Vocational Students' Achievement. *International Journal of Instruction*, *13*(3), 433-444.

Madu, B., & Orji, E. (2015). Effects of cognitive conflict instructional strategy on students' conceptual change in temperature and heat. *Sage Open*, *5*(3), 2158244015594662.

Makhrus, M., & Hidayatullah, Z. (2021). The role of cognitive conflict approach to improving critical thinking skills and conceptual understanding in mechanical waves. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, *11*(1).

Mehboob, S., Azad, S., Iqbal, D. M. N., Yasmeen, S., & Akram, S. (2023). EFFECTIVENESS OF COGNITIVE CONFLICT STRATEGY FOR THE LATERAL SCIENCE THINKING ABILITY AT ELEMENTARY LEVEL. *Bulletin of Business and Economics (BBE)*, *12*(3), 66-73. https://bbejournal.com/BBE/article/view/463

Mufit, F., Asrizal, A., & Puspitasari, R. (2020). Meta-Analysis of the effect of cognitive conflict on physics learning. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *6*(2), 267-278.

Mufit, F., Asrizal, A., & Puspitasari, R. (2022). Cognitive Conflict-Based E-Book with Real Experiment Video Analysis Integration to Enhance Conceptual Understanding of Motion Kinematics. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *11*(4), 626-639.

Mufit, F., & Fauzan, A. (2019). The application of real experiments video analysis in the CCBL model to remediate the misconceptions about motion's concept. Journal of Physics: Conference Series,

Mufit, F., & Fauzan, A. (2023). The Effect of Cognitive Conflict-Based Learning (CCBL) Model on Remediation of Misconceptions. *Journal of Turkish Science Education*, *20*(1), 26-49. https://doi.org/https://doi.org/10.36681/

Mufit, F., Festiyed, F., Fauzan, A., & Lufri. (2019). The application of real experiments video analysis in the CCBL model to remediate the misconceptions about motion's concept. *Journal of Physics: Conference Series*, *1317*, 012156. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012156

Mufit, F., Festiyed, F., Fauzan, A., & Lufri, L. (2018). Impact of learning model based on cognitive conflict toward student's conceptual understanding. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,

Mufit, F., Hendriyani, Y., & Dhanil, M. (2024). Design Immersive Virtual Reality (IVR) with Cognitive Conflict to Support Practical Learning of Quantum Physics. *Journal of Turkish Science Education*, *21*(2), 369-388.

Ngicho, D. O., Karuku, S., & King'endo, M. (2020). Manifestations and meanings of cognitive conflict among mathematics students in Embu, Kenya.

Osborne, R., & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education.

Partono, P., Prihandono, E., & Rosa, F. O. (2024). The Influence of Conflict Between Ideas and Discrepant Event on Conceptual Changes in Physics Learning. *International Journal of Research and Review*, *11*(7), 75–82. https://doi.org/https://doi.org/10.52403/ijrr.20240708

Pebriani, T. U. (2024). Systematic Review: Misconceptions and Remediation on Momentum and Impulse. *Pillar of Physics Education*, *17*(2), 85-98. https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v5i1.4633

Potvin, P. (2023). Response of science learners to contradicting information: a review of research. *Studies in Science Education*, *59*(1), 67-108. https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2004006

Prayogi, S., Muhali, M., Yuliyanti, S., Asy'ari, M., Azmi, I., & Verawati, N. (2019). The Effect of Presenting Anomalous Data on Improving Student's Critical Thinking Ability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *14*, 133. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i06.9717

Prayogi, S., & Verawati, N. N. S. P. (2020). The effect of conflict cognitive strategy in inquiry-based learning on preservice teachers' critical thinking ability. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies (ECPS Journal)*(21), 27-41.

Rosa, G., Cari, C., Aminah, N., & Handhika, J. (2018). Students' understanding level and scientific literacy competencies related to momentum and impulse. Journal of Physics: Conference Series,

Rosimanidar, R., Purwanto, P., Hidayanto, E., & Sulandra, I. M. (2024). DISSECTING STUDENT MISCONSTRUCTION IN TRANSFORMATIONAL ACTIVITIES SOLVES PROBLEMS THAT ALLOW COGNITIVE CONFLICT TO OCCUR. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *13*(3), 981-996.

Rusmini, R., Mazali, M. R., Harahap, F. S. W., & Astuti, E. (2024). The Peer Tutor Model with Cognitive Conflict Strategies in Collaborative Learning Mathematical Problem Solving and Its Effect on Individual Achievement. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, *9*(2), 719-725. https://doi.org/https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i2.891

Safrudin, L., Sudia, M., & Sani, A. IMPLEMENTATION OF COGNITIVE CONFLICT STRATEGY IN COOPERATIVE SETTING FOR IMPROVING STUDENTS'MATHEMATICAL UNDERSTANDING ABILITY.

Sevim, S. (2013). Promoting conceptual change in science which is more effective: conceptual change text or analogy? *Journal of Turkish Science Education*, *10*(3), 24-36. https://doi.org/https://doi.org/10.36681/

Susilawati, S., Doyan, A., Artayasa, I. P., Soeprianto, H., & Harjono, A. (2020). Analysis of Validation Development Science Learning Tools using Guided Inquiry Model Assisted by Real Media to Improve the Understanding Concepts and Science Process Skills of Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *7*, 41. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i1.473

Sutopo, A. S., Sa'dijah, C., & Parta, I. N. (2020). The Uniquness of Students 'Cognitif Conflict in Solving Integral Problems. *International Journal of Scientific & Technology Research*, *9*(4), 1107-1111.

Swan, M., Wake, G., & Joubert, M. (2006). Developing conceptual understanding through cognitive conflict and discussion in mathematics and science education. *Centre for Research in Mathematics Education University of Nottingham: FaSMEd Position Paper*, 1-5.

Tika, L. F. A., & Mufit, F. (2024). ANALYSIS OF THE NEEDS OF COGNITIVE CONFLICT-BASED TEACHING MATERIALS INTEGRATED WITH AUGMENTED REALITY ON LIGHT WAVE. *Physics Learning and Education*, *2*(1), 1-7. https://doi.org/https://doi.org/10.24036/ple.v2i3.151

Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, *9*(2), 85-101. https://doi.org/10.1023/A:1009423030880

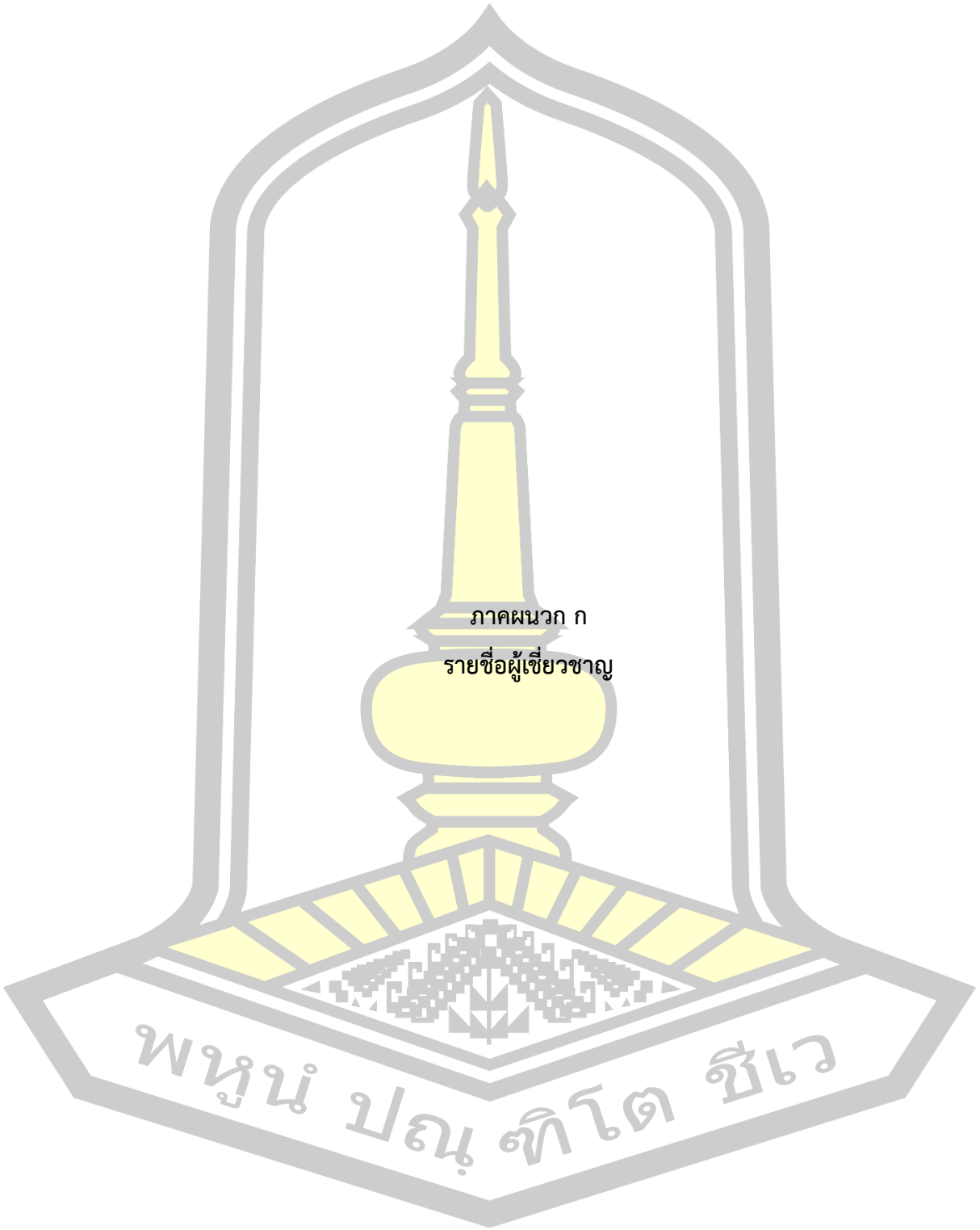
Trumper, R. (1997). Applying Conceptual Conflict Strategies in the Learning of the Energy Concept. *Research in Science & Technological Education*, *15*, 5-18. https://doi.org/10.1080/0263514970150101

Widia, W., Suhirman, S., Suhardi, M., Prayogi, S., Yamin, M., Salahuddin, M., Haryanto, L., Ewisahrani, E., Nursaâ, E., & Ilyas, I. (2022). The Effect of Cognitive Conflict Strategies on Students' Cognitive Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *8*(1), 388-392.

Woofolk AE.(1995) Education psychology, 6thedition. Boston:alln and Bacon

Westbrook, S. L. & Marek, E.A. (1991). A Cross-Age Study Of Student Understanding Of The Concept Of Diffusion, Journal of Research in Science Teaching, v.28, n.8, 649–660.

# บรรณานุกรม




**ภาคผนวก ก**

**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ**

**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ**

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฐิติวรดา พลเยี่ยม ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน
2) นายยุทธพนธ์ พูลพุทธา กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์
3) นายสวัสน์ ช่างหล่อ  กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

# บันทึกข้อความ

**ส่วนราชการ** คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทรสาร. 0-4372-1764 ภายใน 6216
**ที่** อว 0605.5(2)/ ว4633 **วันที่** 28 พฤศจิกายน 2567
**เรื่อง** ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

**เรียน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม

ด้วยนางสาวสุเมธาวี กองมาย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

**ที่** อว 0605.5(2)/ว 4633

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

28 พฤศจิกายน 2567

**เรื่อง** ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

**เรียน** นายยุทธพนธ์ พูลพุทธา

ด้วยนางสาวสุเมธาวี กองมาย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216
โทรสาร 0-4371-3147

**ที่** อว 0605.5(2)/ว 4633

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

28 พฤศจิกายน 2567

**เรื่อง** ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

**เรียน** นายสวัสน์ ช่างหล่อ

ด้วยนางสาวสุเมธาวี กองมาย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

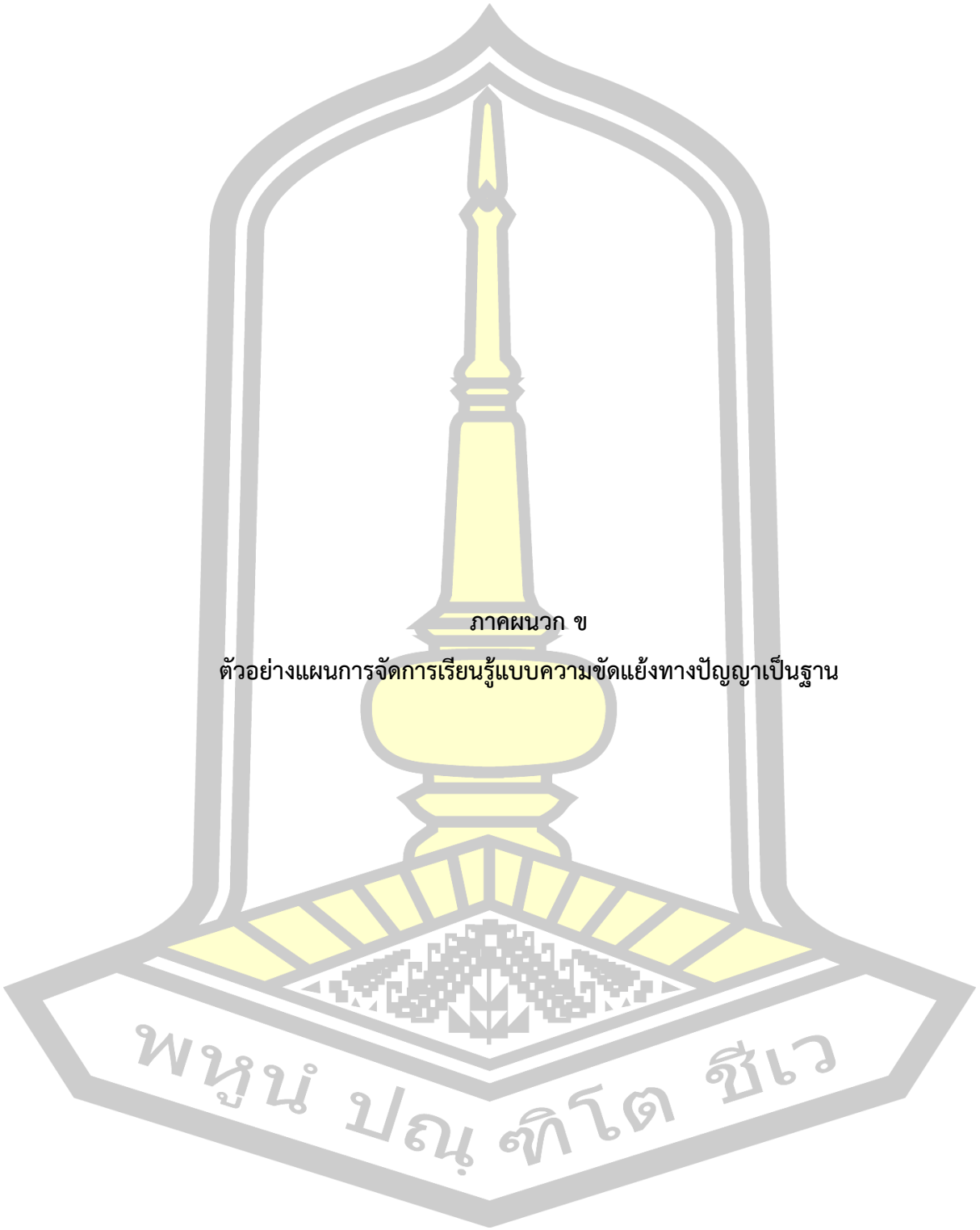
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216
โทรสาร 0-4371-3147



# ภาคผนวก ข

## ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน**

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ** (ฟิสิกส์ 2)

**รหัสวิชา** ว31102 **หน่วยการเรียนรู้ที่** 6 โมเมนตัมและการชน

**เรื่อง** กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม **จำนวนเวลาที่สอน** 2 ชั่วโมง

**ภาคเรียนที่** 2 **ปีการศึกษา** 2567**ผู้สอน** นางสาว สุเมธาวี กองมาย

---

1. **ผลการเรียนรู้**

**ฟิสิกส์ ม.4/11** อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

2. **สาระสำคัญ**

ในการชนกันของวัตถุและการดีดตัวออกจากกัน ของวัตถุในหนึ่งมิติเมื่อไม่มีแรงภายนอกมา กระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไป ตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมตามสมการ

$$\sum P_i = \sum P_f \text{ หรือ } m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$$

3. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

**1.1 ด้านความรู้ (K)**

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ถูกต้อง

**1.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P)**

1. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง

**1.3 ด้านเจตคติ (A)**

1. นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม

4. **สาระการเรียนรู้**

การอนุรักษ์โมเมนตัม

5. **ชิ้นงาน/ภาระงาน**

ใบกิจกรรม เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม

ใบงานที่ 4 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม

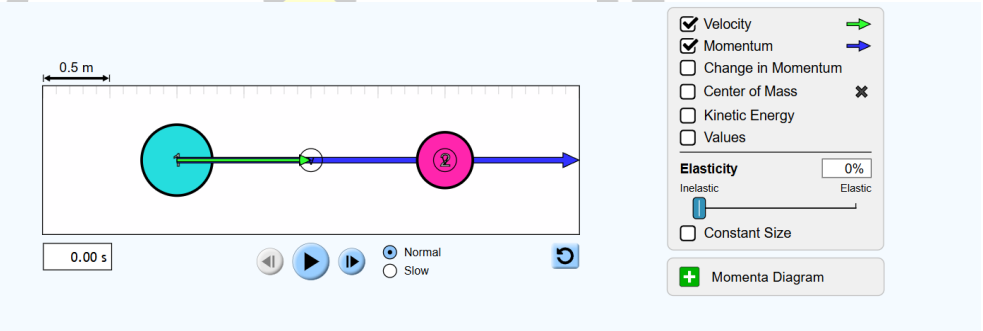
**6. กิจกรรมการเรียนรู้**

**ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบอาศัยความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน (Cognitive Conflict Based Learning :CCBL)**

**ขั้นที่ 1 กระตุ้นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ (Activation of Preconception and Misconception) (15 นาที)**

1.1 ครูกล่าวทักทายก่อนเริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอนพร้อมทั้งแจกใบกิจกรรม

1.2 ครูใช้โปรแกรม Phet simulation และตั้งประเด็นคำถามจากสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นนักเรียนให้ทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนี้




สถานการณ์ที่มีวัตถุมวลต่างกันบนพื้นเรียบโดย วัตถุ A มีมวลมากกว่าและเคลื่อนที่มาด้วยความเร็วคงที่ ในขณะที่วัตถุ B มีมวลน้อยกว่าและหยุดนิ่งอยู่กับที่

1) เมื่อวัตถุ A เคลื่อนที่ชนวัตถุ B หลังจากการชน วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร

(แนวคำตอบที่ถูกต้อง วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติดกันไป)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น วัตถุจะเคลื่อนที่ออกจากกันคนละทาง, วัตถุเคลื่อนที่มาแล้วค่อยๆหยุดนิ่ง)

2) เมื่อวัตถุ A เคลื่อนที่ชนกับวัตถุ B ความเร็วของวัตถุทั้งสองหลังการชนจะเป็นเท่าไหร่ เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วของวัตถุ A ที่เคลื่อนที่มา ก่อนการชน?

(แนวคำตอบที่ถูกต้อง ความเร็วของรถทั้งสองรวมกันจะน้อยกว่าความเร็วของรถคัน A ที่มีมวลมากกว่าก่อนชน)

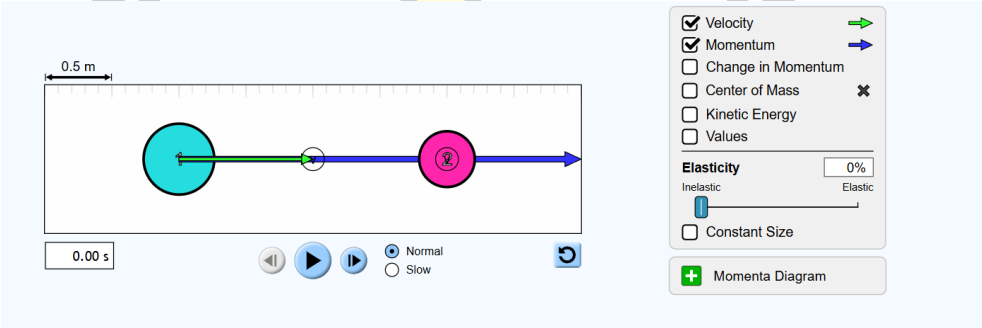
(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น ความเร็วของรถทั้งสองจะเท่ากันกับความเร็วของรถคันที่มีมวลมากกว่า, ความเร็วจะเพิ่มขึ้น)

1.3 ให้นักเรียนแต่ละคนตอบประเด็นคำถามลงในใบกิจกรรมตามความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

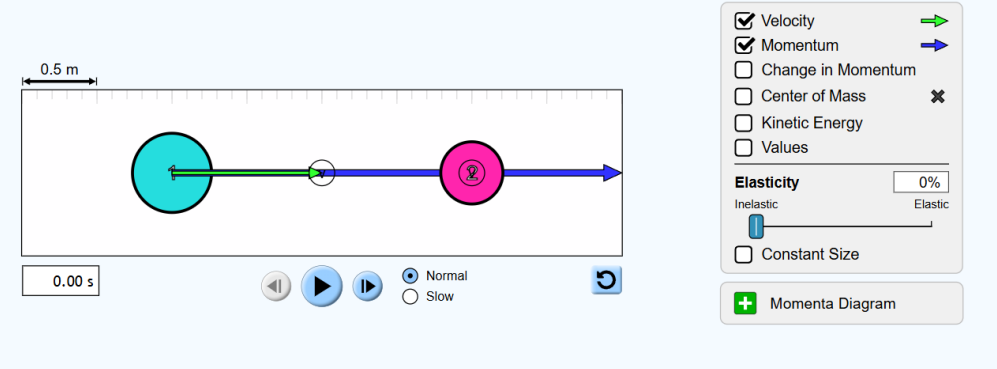
1.4 ครูสุ่มให้นักเรียน 1-2 คนออกมาเฉลยประเด็นคำถามบนกระดาน

**ขั้นที่ 2 การนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา (Presentation of Cognitive Conflict) (15 นาที)**

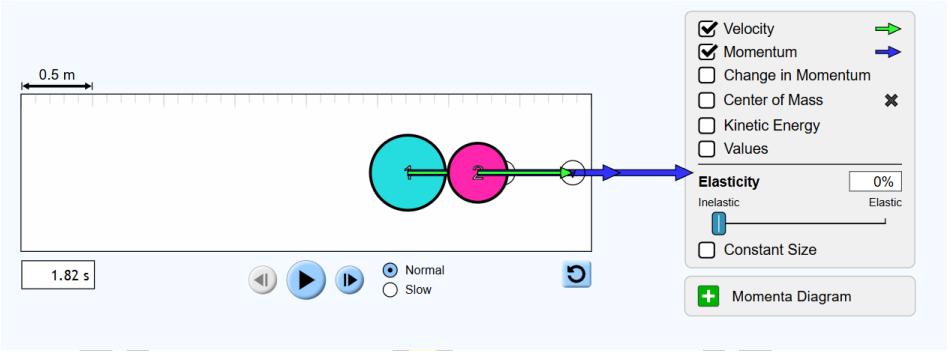
2.1 ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวบนโปรแกรม Phet simulation เพื่อให้นักเรียนทราบว่าความเข้าใจเดิมของตนเองก่อนหน้านี้มีความคลาดเคลื่อน ดังภาพ




2.2 จากนั้นให้นักเรียนสังเกต การเคลื่อนที่ของวัตถุ ปริมาณของความเร็วของวัตถุก่อนการชน




ภายหลังการชน




1) ขณะที่ก่อนการชน วัตถุ B ที่มีมวลเบาหยุดนิ่ง โมเมนตัมเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ ไม่มีโมเมนตัมเนื่องจากจุดนิ่งไม่มีความเร็ว)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น มีโมเมนตัมแต่น้อยกว่าวัตถุ A)

2) โมเมนตัมรวมหลังการชนจะเป็นอย่างไร?

(แนวคำตอบที่ถูกต้อง โมเมนตัมรวมของระบบจะยังคงเท่าเดิม)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น โมเมนตัมหลังการชนจะเพิ่มขึ้นเพราะรถสองคันชนกันทำให้พลังงานรวมกัน, โมเมนตัมจะหายไปบางส่วน)

2.3 ให้นักเรียนแต่ละคนตอบประเด็นคำถามลงในใบกิจกรรมตามความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยไม่ได้เฉลยคำตอบ เพื่อให้นักเรียนหาคำตอบได้จากการทดลองในขั้นต่อไป

**ขั้นที่ 3 การค้นพบแนวคิดและสมการ (Discovery of concepts and Equations) (50 นาที)**

3.1 ให้นักเรียนกลุ่มละ 5 คนตามอัธยาศัย ครูชี้แจงเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง 50 นาที

3.2 ให้นักเรียนตัวแทนกลุ่มรับใบบันทึกผลปฏิบัติการทดลองที่ 4

3.3 ครูชี้แจงขั้นตอนการทำการทดลอง

3.4 ก่อนเริ่มทำการทดลองครูให้นักเรียนตั้งสมมติฐานก่อนการทดลองในใบกิจกรรมของตนเอง

3.5 นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการทดลองที่ครูเตรียมไว้และบันทึกผลข้อมูลจากการทดลองลงในใบกิจกรรม เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

3.6 ครูคอยให้คำแนะนำในระหว่างที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลอง

3.7 เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตามความเข้าใจในแต่ละกลุ่ม โดยใช้คำถามดังนี้

1) จากที่นักเรียนตอบในขั้นที่ 2 แตกต่างจากหลังการทดลองอย่างไร

แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมของก่อนและหลังการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน

**ขั้นที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Reflection) (25 นาที)**

4.1 ครูสุ่มให้นักเรียน 2-3 กลุ่มนำเสนอผลการทดลองและแนวคิดเรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมที่ได้จากการทำกิจกรรม ให้เวลากลุ่มละ 3-5 นาที

4.2 ครูกระตุ้นด้วยประเด็นคำถามให้นักเรียนอภิปรายผลร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อสรุปกิจกรรมการทดลอง ดังนี้

1) วัตถุเคลื่อนที่อย่างไรหลังจากชนกัน

(แนวคำตอบ เคลื่อนที่ติดกันไปแต่วัตถุที่มีความเร็วมากกว่าชนกับวัตถุที่หยุดนิ่งมีความเร็วลดลง และวัตถุที่หยุดนิ่งเคลื่อนที่)

2) ก่อนที่วัตถุ 1 จะชนกับวัตถุ 2 วัตถุ วัตถุแต่ละชิ้นมีโมเมนตัมอย่างไร

แนวคำตอบ ก่อนการชนกันของวัตถุ โมเมนตัมของวัตถุไม่เท่ากัน โดยวัตถุก้อนที่ 1 ที่ปล่อย ณ ตำแหน่งต่างๆมีโมเมนตัมมากกว่าวัตถุ 2

3) โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ โมเมนตัมไม่คงที่

4) ขณะที่วัตถุ 1 กำลังกลิ้งตกลงก่อนชนวัตถุ 2 โมเมนตัมของวัตถุ 1 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ โมเมนตัมเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความเร็ว จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงจุดที่ชนกับวัตถุ 2

5) หลังจากการชน วัตถุ 1 และวัตถุ 2 มีการเคลื่อนที่อย่างไร? และโมเมนตัมของแต่ละวัตถุเปลี่ยนไปอย่างไร

แนวคำตอบ วัตถุ 2 จากหยุดนิ่งเมื่อถูกชนจากวัตถุ 1 เคลื่อนที่ออกไป โมเมนตัมหลังชนของวัตถุ 2 มีมากกว่าวัตถุ 1

6) ความเร็วของวัตถุขณะที่ชนกันมีความเร็วในแนวแกน y อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่มี

7) ทดลองมีแรงภายนอกมากระทำกับระบบอย่างไร

แนวคำตอบ ไม่มีมีแรงภายนอกมากระทำกับระบบ มีเพียงวัตถุ 2 ก้อนที่กระทำต่อกัน

8) จากการทดลองนักเรียนสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

แนวคำตอบ ผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุ 1 และวัตถุ 2 ก่อนการชนมีค่าใกล้เคียงผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองหลังการชน

4.3 ครูสุ่มให้นักเรียน3-4 คนในชั้นเรียนร่วมกัน เปรียบเทียบสมมุติฐานที่แต่ละคนตั้งไว้กับผลที่ได้จากการทดลอง ด้วยประเด็นดังนี้

1) สมมุติฐานของแต่ละคนที่ตั้งไว้ตอนต้นกับผลการทดลองเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะอะไร

แนวคำตอบ หากสมมติฐานและผลการทดลองเหมือนกัน โมเมนตัมรวมของระบบก่อนและหลังการชนจะต้องคงที่ หรือนักเรียนที่ตอบว่าแตกต่าง มาจากการเข้าใจว่าโมเมนตัมเป็นสิ่งที่สามารถหายไปได้ หรือเข้าใจว่าแรงจากการชนทำให้โมเมนตัมหายไป

4.4 ครูตั้งคำถามเชื่อมโยงให้นักเรียนเพื่อนำไปสู่การสรุปแนวคิด เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1) ก่อนและหลังการชน โมเมนตัมรวมของวัตถุเป็นอย่างไร?

แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมของวัตถุก่อนการชนและหลังจากการชนมีค่าเท่ากัน

2) นักเรียนสามารถเขียนนิยามของโมเมนตัมด้วยสมการได้อย่างไร

แนวคำตอบ $p = mv$

3) เมื่อนิยามโมเมนตัมเป็นผลคูณของมวลกับความเร็ว ($p = mv$) นักเรียนสามารถเขียนสมการที่แสดงความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชนได้อย่างไร พร้อมกับเขียนความหมายของตัวแปร

แนวคำตอบ $m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$

เมื่อให้ $m_1$ คือ มวลวัตถุ 1

$m_2$ คือ มวลวัตถุ 2

$u_1$ คือ ความเร็ววัตถุ 1 ก่อนการชน

$u_2$ คือ ความเร็ววัตถุ 2 ก่อนการชน

$v_1$ คือ ความเร็ววัตถุ 1 หลังการชน

$v_2$ คือ ความเร็ววัตถุ 2 หลังการชน

4) ในกรณีที่มีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุหรือระบบ โมเมนตัมรวมจะเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมจะไม่คงที่หากมีแรงภายนอกมากระทำกับระบบ)

5) หากนำสมการมาพิจารณาสถานการณ์ที่มีแรงภายนอกมากระทำจะสามารถหาความสัมพันธ์ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ ไม่สามารถใช้สมการหาความสัมพันธ์ได้เนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำ สมการความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชนจะใช้ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ)

6) นักเรียนสรุปแนวคิดจากสมการความสัมพันธ์โมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชนได้อย่างไร

(แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมของระบบจะคงที่หรืออนุรักษ์ไว้หากไม่มีแรงภายนอกมากระทำ และสมการ $m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$ ที่ใช้แสดงให้เห็นว่า โมเมนตัมรวมก่อนการชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังการชนเสมอ)

4.5 ครูสุ่มนักเรียน 2 คนมาเฉลยคำตอบบนกระดาน

4.6 นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 4 เพื่อให้นักเรียนสรุปแนวคิดที่ถูกต้องลงไปในใบงานที่ 4 เรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

4.7 ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนด้วยใบงานที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

4.8 ครูสุ่มให้นักเรียน 3-4 คนยกมือเฉลยคำตอบ

**7. การวัดและประเมินผล**

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | วิธีการวัด | เครื่องมือ | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| **ด้านความรู้ (K)** | | | |
| 1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ | 1) ตรวจใบกิจกรรม<br>2) ตรวจใบงาน | 1) ใบกิจกรรม<br>2) ใบงาน | 1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี (2 คะแนน) ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน |
| **ด้านทักษะกระบวนการ (P)** | | | |
| 1) นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง | 1) ใบกิจกรรม | 1) ใบกิจกรรม | 1) นักเรียนสามารถบันทึกกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์<br>2) พฤติกรรมของนักเรียนในระดับดี (2 คะแนน) ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน |
| **ด้านคุณลักษณะ (A)** | | | |
| 1) นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม | 1) สังเกตพฤติกรรมในการเรียนรู้ในชั้นเรียน | 1) แบบประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน | 1) นักเรียนได้ระดับดี (2 คะแนน) ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน |

**7.1 เกณฑ์การประเมินคะแนนนักเรียน**

**ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)**

| **รายการประเมิน** | **เกณฑ์การให้คะแนน** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 |
| สามารถอธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ | นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ครอบคลุมทุกประเด็น | นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมแต่ไม่ครอบคลุมทุกประเด็น | นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ แต่ต้องการคำแนะนำร่วมด้วย | นักเรียนไม่สามารถอธิบายลักษณะของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ |

**ด้านทักษะกระบวนการ (P)**

| **รายการประเมิน** | **เกณฑ์การให้คะแนน** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 |
| สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้ | นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้โดยทดลองด้วยตนเองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ทั้งหมด | นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้โดยอาศัยการซักถาม หรือต้องการคำแนะนำ | นักเรียนนักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้แต่ไม่ถูกต้อง | นักเรียนไม่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้ |
| สามารถติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้อง โดย 1) ติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้องตามตำแหน่ง 2) ตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งอุปกรณ์ | นักเรียนสามารถติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้โดยปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ประเด็น | นักเรียนสามารถติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้โดยปฏิบัติได้เพียง 2 ใน 3 ประเด็น | นักเรียนสามารถติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้โดยปฏิบัติได้เพียง 1 ใน 3 ประเด็น | นักเรียนไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้ |

| รายการประเมิน | เกณฑ์การให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 |
| ก่อนเริ่มทดลอง 3) สามารถปรับแก้หรือแก้ไขปัญหาเมื่อพบข้อผิดพลาดในการติดตั้งอุปกรณ์ | | | | |
| บันทึกผลการทดลอง โดยสามารถบันทึก 1.มวล 2.ระยะทางและเวลาที่ใช้เคลื่อนที่ 3.คำนวณหาปริมาณต่างๆที่ใช้ในการทดลองได้ | บันทึกผลการทดลองครบถ้วนทั้ง 3 ประเด็น | บันทึกผลการทดลองเพียง 2 ใน 3 ประเด็น | บันทึกผลการทดลองเพียง 1 ใน 3 ประเด็น | ไม่สามารถบันทึกผลการทดลองได้ |
| สรุปผลการทดลอง | นักเรียนสรุปผลการทดลองโดยกว่างถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลและความเร็วและโมเมนตัมก่อนและหลังการชนได้ | นักเรียนสรุปผลการทดลองโดยกว่างถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลและความเร็วและโมเมนตัมก่อนและหลังการชนได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง | นักเรียนสรุปผลโดยการรายงานผลซ้ำกับตารางโดยไม่มีการพูดถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล | นักเรียนไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้ |

**ด้านเจตคติ**

| รายการประเมิน | เกณฑ์การให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 |
| การทำงานเป็นกลุ่ม | นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ชัดเจน มีการรับฟังความคิดเห็นร่วมกันของทุกคนในกลุ่ม | นักเรียนแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน มีการรับฟังความคิดเห็นเพียง 1-2 คนในกลุ่ม | นักเรียนแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน มีการรับฟังเพียงความคิดเห็นของคนใดคนหนึ่ง | นักเรียนไม่มีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ไม่มีการรับฟังความคิดเห็นของคนในกลุ่ม |

**7.2 ระดับคุณภาพ (โดยนำคะแนนรวมทุกด้าน K P A แล้วหาค่าเฉลี่ย)**

คะแนนรวมเฉลี่ย 2.51-3.00 หมายถึง ดีมาก

คะแนนรวมเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ดี

คะแนนรวมเฉลี่ย 0.01-1.50 หมายถึง พอใช้

**8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้**

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรมการทดลอง

8.3 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

8.4 อินเทอร์เน็ต

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม**

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

**ทบทวนความรู้เดิม**

1) เมื่อวัตถุ A เคลื่อนที่ชนวัตถุ B หลังจากการชน วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร
(แนวคำตอบที่ถูกต้อง วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติดกันไป)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น วัตถุจะเคลื่อนที่ออกจากกันคนละทาง,วัตถุเคลื่อนที่มาแล้วค่อยๆหยุดนิ่ง)

2) เมื่อวัตถุ A เคลื่อนที่ชนกับวัตถุ B ความเร็วของวัตถุทั้งสองหลังการชนจะเป็นเท่าไหร่ เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วของวัตถุ A ที่เคลื่อนที่มา ก่อนการชน?
(แนวคำตอบที่ถูกต้อง ความเร็วของรถทั้งสองรวมกันจะน้อยกว่าความเร็วของรถคัน A ที่มีมวลมากกว่าก่อนชน)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น ความเร็วของรถทั้งสองจะเท่ากันกับความเร็วของรถคันที่มีมวลมากกว่า, ความเร็วจะเพิ่มขึ้น)

**คำถามก่อนการทดลอง**

1) ขณะที่ก่อนการชน วัตถุ B ที่มีมวลเบาหยุดนิ่ง โมเมนตัมเป็นอย่างไร
(แนวคำตอบ ไม่มีโมเมนตัมเนื่องจากจุดนิ่งไม่มีความเร็ว)

(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น มีโมเมนตัมแต่น้อยกว่าวัตถุ A)

2) โมเมนตัมรวมหลังการชนจะเป็นอย่างไร?
(แนวคำตอบที่ถูกต้อง โมเมนตัมรวมของระบบจะยังคงเท่าเดิม)
(แนวคำตอบที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น โมเมนตัมหลังการชนจะเพิ่มขึ้นเพราะรถสองคันชนกันทำให้พลังงานรวมกัน, โมเมนตัมจะหายไปบางส่วน)

**สมมติฐานก่อนการทดลอง**

.....

(แนวคำตอบที่ถูกต้อง โมเมนตัมรวมของระบบจะคงที่ก่อนและหลังการชน)

**สรุปแนวคิด กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม**

1) ก่อนและหลังการชน โมเมนตัมรวมของวัตถุเป็นอย่างไร?

(แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมของวัตถุก่อนการชนและหลังจากการชนมีค่าเท่ากัน)

2) นักเรียนสามารถเขียนนิยามของโมเมนตัมด้วยสมการได้อย่างไร

(แนวคำตอบ $p = mv$)

3) นักเรียนสามารถเขียนสมการที่แสดงความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชนได้อย่างไร พร้อมกับเขียนความหมายของตัวแปร

(แนวคำตอบ $m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$

เมื่อให้ $m_1$ คือ มวลวัตถุ 1 $m_2$ คือ มวลวัตถุ 2

$u_1$ คือ ความเร็ววัตถุ 1 ก่อนการชน $u_2$ คือ ความเร็ววัตถุ 2 ก่อนการชน

$v_1$ คือ ความเร็ววัตถุ 1 หลังการชน $v_2$ คือ ความเร็ววัตถุ 2 หลังการชน)

4) ในกรณีที่มีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุหรือระบบ โมเมนตัมรวมจะเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมจะไม่คงที่หากมีแรงภายนอกมากระทำกับระบบ)

5) หากนำสมการมาพิจารณาสถานการณ์ที่มีแรงภายนอกมากระทำจะสามารถหาความสัมพันธ์ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ ไม่สามารถใช้สมการหาความสัมพันธ์ได้เนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำ สมการความสัมพันธ์ของโมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชนจะใช้ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ)

6) นักเรียนสรุปแนวคิดจากสมการความสัมพันธ์โมเมนตัมรวมก่อนและหลังการชน ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ โมเมนตัมรวมของระบบจะคงที่หรืออนุรักษ์ไว้หากไม่มีแรงภายนอกมากระทำ และสมการ $m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$ ที่ใช้แสดงให้เห็นว่า โมเมนตัมรวมก่อนการชนเท่ากับโมเมนตัมรวมหลังการชนเสมอ)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

# ปฏิบัติการทดลองที่ 4

## เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

กลุ่มที่ .....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

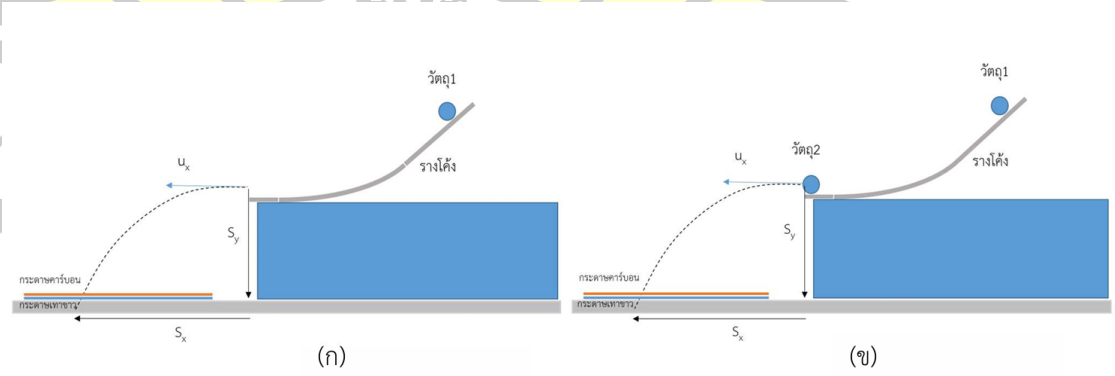
**วัตถุประสงค์**

เพื่อศึกษากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมของการชนใน 1 มิติ

**อุปกรณ์การทดลอง**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | ชุดรางโค้ง | 1 | ชุด |
| 2. | มวลทรงกลมขนาดต่างกัน | 2 | ลูก |
| 3. | กระดาษคาร์บอน | 2 | แผ่น |
| 4. | กระดาษ A4 | 2 | แผ่น |
| 5. | ตลับเมตร | 2 | อัน |

**วิธีการทดลอง**




ภาพแสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง

1. ชั่งมวล $m_1$ (วัตถุ 1) และ $m_2$ (วัตถุ 2) 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยที่ใช้ มวล $m_1 > m_2$

**2. หาความเร็วก่อนชนวัตถุ 1 ($u_x$)**

2.1 โดยจัดอุปกรณ์ดังรูป ก โดยวางกระดาษคาร์บอนไว้บนกระดาษ A4 แล้วนำไปวางไว้บนพื้น ในบริเวณที่เป็นตำแหน่งตกของวัตถุโดยยึดแผ่นกระดาษไว้กับพื้นไม่ให้ขยับ

2.2 ปล่อยวัตถุ1 ตกลงตามรางโค้ง ให้เคลื่อนที่ตกลงบนพื้น แล้ววัดระยะ $S_y$ และ $S_x$

2.3 ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 อีก 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย $S_y$ และ $S_x$

2.4 จากนั้นคำนวณหาความเร็วต้น ($u_x$)

**3. หาความเร็วหลังชนของวัตถุ 1 ($V_{x1}$) และวัตถุ 2 ($V_{x2}$)**

3.1 จัดอุปกรณ์ดังรูป ข โดยวางกระดาษคาร์บอนไว้บนกระดาษ A4 แล้วนำไปวางไว้บนพื้น ในบริเวณที่เป็นตำแหน่งตกของวัตถุโดยยึดแผ่นกระดาษไว้กับพื้นให้ขยับ

3.2 วางวัตถุ 2 ที่ปลายราง แล้วปล่อยวัตถุ 1 ให้เคลื่อนที่ตามรางโค้งจากตำแหน่งเดียวกันในข้อ 3 ให้พุ่งชนวัตถุ 2 ระยะตกของวัตถุในแนวแกน y ($S_y$) บนกระดาษ A4 ในแนวแกน x ของวัตถุ 1 ($S_{x1}$) และของวัตถุ 2 ($S_{x2}$)

3.3 ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4 คำนวณหาความเร็วหลังชนของวัตถุ 1 ($V_{x1}$) และวัตถุ 2 ($V_{x2}$) แล้วบันทึกผล

3.5 ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 – 9 โดยเปลี่ยนจุดปล่อยของวัตถุ 1 ที่ระยะความสูงต่างกันอีก 4 ค่า

**4. คำนวณหาผลรวมของโมเมนตัมก่อนชนและโมเมนตัมหลังชน**

**5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง**

**ผลการทดลอง**

**ตารางบันทึกผลการทดลอง**

ตารางที่ 1

(แนวคำตอบ)

| ครั้งที่ | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | วัดครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| มวลของวัตถุ 1 ($m_1$) | 27.79 | 27.78 | 27.76 | 83.33 |
| มวลของวัตถุ 2 ($m_2$) | 16.24 | 16.27 | 16.27 | 16.26 |
| ระยะตกของวัตถุในแนวแกน y ($S_y$) (เมตร) | 1 | 0.95 | 0.95 | 0.96 |

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกการตกของวัตถุในแนวราบ ($S_x$)

(แนวคำตอบ)

| ตำแหน่งที่ปล่อย (เมตร) | การตกของวัตถุในแนวราบ ($S_x$) (เมตร) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนชน | | | | หลังชน | | | | | | | |
| | วัตถุ1 | | | | วัตถุ 1 | | | | วัตถุ 2 | | | |
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
| 1 (0.5) | 1.10 | 1.00 | 1.15 | 1.08 | 0.35 | 0.37 | 0.37 | 0.36 | 1.25 | 1.23 | 1.24 | 1.24 |
| 2 (0.4) | 0.95 | 1.00 | 0.95 | 0.96 | 0.33 | 0.34 | 0.33 | 0.30 | 1.15 | 1.13 | 1.14 | 1.14 |
| 3 (0.3) | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.91 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 4 (0.25) | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 5 (0.20) | 0.78 | 0.80 | 0.77 | 0.78 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.94 |

ตารางที่ 3 ตารางการคำนวณความเร็วและโมเมนตัมของวัตถุ ($S_x$) (นักเรียนได้จากการคำนวณ)

(แนวคำตอบ)

| ตำแหน่งที่ปล่อย | ก่อนชน | | หลังชน | | | | ผลรวมของโมเมนตัม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัตถุ1 | | วัตถุ1 | | วัตถุ2 | | ก่อนชน ($\sum p_i$) | หลังชน ($\sum p_f$) |
| | $U_{x1}$ | $P_{ix1}$ | $V_{x1}$ | $P_{ix1}$ | $V_{x2}$ | $P_{ix2}$ | | |
| 1 | 2.5116 | 0.0593 | 0.4040 | 0.0095 | 2.5719 | 0.0728 | 0.0593 | 0.0823 |
| 2 | 2.4386 | 0.0576 | 0.3820 | 0.0090 | 2.4191 | 0.0685 | 0.0576 | 0.0775 |
| 3 | 2.3470 | 0.0554 | 0.3650 | 0.0086 | 2.3614 | 0.0668 | 0.0554 | 0.0754 |
| 4 | 2.2460 | 0.0530 | 0.3480 | 0.0082 | 2.2595 | 0.0639 | 0.0530 | 0.0722 |
| 5 | 2.1679 | 0.0512 | 0.3438 | 0.0081 | 2.1908 | 0.0620 | 0.0512 | 0.0701 |

**อภิปรายผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

(แนวคำตอบ จากการทดลองเป็นการการชนของวัตถุ โดยให้วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่พุ่งเข้าชนวัตถุอีกก้อนหนึ่งซึ่งหยุดนิ่งอยู่ โดยการหาค่าความเร็วของวัตถุจะหาจากหลักการของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ และนำไปคำนวนหาโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองทั้งก่อนชนและหลังชน โดยใช้สมการของโมเมนตัม p = mv ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองก่อนชนมีค่าใกล้เคียงจนถึงเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองหลังชน)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

**ใบงานที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม**

**หน่วยการเรียนรู้ที่** 6 โมเมนตัมและการชน **รายวิชา** ฟิสิกส์ 2

**รหัสวิชา** ว31102 **ภาคเรียนที่** 2

---

**ชื่อ**..... **ชั้น**.....**เลขที่**.....

1) ให้นักเรียนอธิบาย **กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม** (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

แนวคำตอบ $\sum P_i = \sum P_f$ หรือ $m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$ เมื่อการชนที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุ 1 และวัตถุ 2 ในระบบที่ไม่สามารถถ่ายเทมวลและพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมได้ (ระบบปิด) ค่าโมเมนตัมรวมของวัตถุทั้งสองก่อนการชนจะเท่ากับค่าโมเมนตัมรวมทั้งหมดหลังการชน โดยโมเมนตัมที่วัตถุ 1 สูญเสียไป จะเท่ากับโมเมนตัมที่วัตถุ 2 ได้รับ หรือ การชนกันของสองอนุภาค ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบแล้วโมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว โดยผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนจะต้องเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนเสมอ

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

(ตัวอย่างใบกิจกรรม เรื่อง เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม)

**ปฏิบัติการทดลองที่ 2**

**เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม**

กลุ่มที่ 8

ชื่อ น.ส. ศศิวิมล เจริญชัย ชั้น ม.4/8 เลขที่ 19

ชื่อ น.ส. อุทามาศ จีนประโคน ชั้น ม.4/8 เลขที่ 12

ชื่อ น.ส. ธิมดา ภูโยธา ชั้น ม.4/8 เลขที่ 13

ชื่อ น.ส. ปิยกญ ปิ่นใยภูมิ ชั้น ม.4/8 เลขที่ 14

**จุดประสงค์**

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ

**วัสดุและอุปกรณ์**

1. รถทดลอง
2. มวล เช่น ถุงทราย
3. เครื่องชั่งสปริง
4. ไม้เมตร หรือตลับเมตร
5. โต๊ะ

**ขั้นตอนการทดลอง**

**ตอนที่ 1 หาสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (กรณีที่แรงคงที่)**

1) วางรถทดลองไว้ที่จุดเริ่มต้นบนรางเรียบ (จากหยุดนิ่ง)
2) ใช้ไม้เมตรวัดระยะทางที่รถทดลองจะเคลื่อนที่ กำหนดให้ 100 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด
3) ใช้แรงผลักรถทดลอง แล้วใช้นาฬิกาจับเวลาที่รถทดลองเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด
4) ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง โดยการเปลี่ยนแรงและบันทึกผลเวลาที่ใช้เคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง กำหนดให้ใช้ระยะทางเท่าเดิมทุกครั้ง
5) คำนวณ ความเร็ว โมเมนตัมและแรงที่ใช้ในการผลักรถ

**ตอนที่ 1 หาสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (กรณีที่มวลเท่ากัน)**

มวลของรถทดลอง (m) ..... 0.5 ..... kg

| ครั้งที่ | มวลของรถ (kg) | ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ (m) | เวลา (s) | ความเร็ว (m/s) | โมเมนตัม (kg.m/s) | แรง (N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.5 | 1 | 1.38 | 1.40 | 0.70 | 0.5 |
| 2 | 0.5 | 1 | 2.30 | 0.80 | 0.40 | 0.2 |
| 3 | 0.5 | 1 | 1.81 | 1.10 | 0.55 | 0.3 |

**ตอนที่ 2 หาสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (กรณีที่มวลแตกต่างกัน)**

1) ใช้ไม้เมตรวัดระยะทางที่รถทดลองจะเคลื่อนที่ กำหนดให้ 100 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด
2) ใช้แรงผลักรถทดลอง แล้วใช้นาฬิกาจับเวลาที่รถทดลองเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด
3) เพิ่มแรงที่ใช้ผลักรถทดลองพร้อมกับเพิ่มมวลของรถด้วยถุงทราย บันทึกผลเวลาที่รถทดลองใช้เคลื่อนที่
4) ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-3 โดยเพิ่มแรงที่ใช้ผลักรถทดลองและมวลของรถทดลองด้วยถุงทราย
5) คำนวณ ความเร็ว โมเมนตัมและแรงที่ใช้ในการผลักรถ

มวลของรถทดลอง (m) ..... 1, 1.5, 2 ..... kg

| ครั้งที่ | มวลของรถทดลอง (kg) m | ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ (m) (s) | เวลา (s) (t) | ความเร็ว (m/s) V | โมเมนตัม (kg.m/s) | แรง (N) F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1.31 | 1.5 | 1.5 | 1.14 |
| 2 | 1.5 | 1 | 1.08 | 1.8 | 2.2 | 2.5 |
| 3 | 2 | 1 | 1.23 | 1.6 | 3.2 | 2.6 |

**อภิปรายผลการทดลอง**

จากผลการทดลองพบว่า แรงและเวลาที่ใช้ กับวัตถุ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ซึ่งในระหว่างที่ทำการทดลองอาจคลาดเคลื่อนได้ จาก เวลา ที่จับไม่เท่ากัน และความเร็วที่ลากเท่ากับวัตถุ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า ถ้าแรงที่กระทำมีการเปลี่ยนแปลง ของมวล และความเร็วจะมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ด้วย และเมื่อแรงกระทำดังกล่าวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง สังเกตในกิจกรรมการเปลี่ยนความเร็วจากการทดลองเราจะรู้ว่า แรงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ถ้าเราออกแรงในการเคลื่อนย้ายวัตถุเร็วเราก็ต้องเพิ่มขึ้น และถ้าเพิ่มมวล → โมเมนตัมเปลี่ยน ถ้าเปลี่ยนด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม

$$F = \frac{mv - mu}{t} = \frac{\Delta p}{t}$$

(ตัวอย่าง ใบงาน เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม)

**ใบงานที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม**

**หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โมเมนตัมและการชน รายวิชา ฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา ว31102 ภาคเรียนที่ 2**

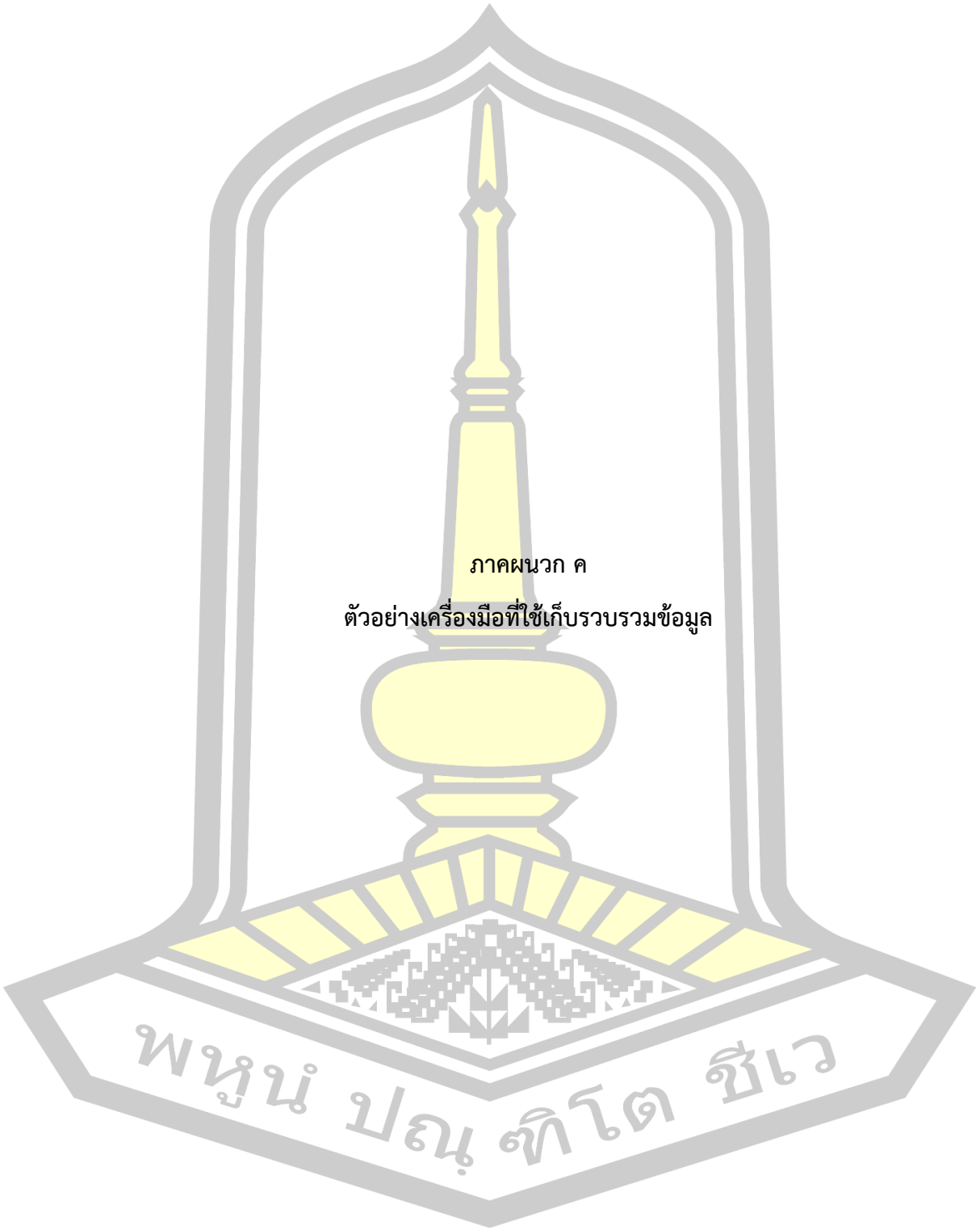
**ชื่อ** ณ.ศ. ธีรนาฏ ชุ้ยชัยกุล **ชั้น** ม.4/5 **เลขที่** 14

1) ให้นักเรียนนิยามความหมายของแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม (3 คะแนน)

นิยาม คำว่า แรง คือการกระทำที่มีผลต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงความเร็ว

นิยามคำว่า การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณที่บอกถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดจากผลคูณของมวลและความเร็ว โดยสูตรคือ $F = \Delta p/\Delta t$

สรุป เรามีความสำคัญโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุกล่าวคือ ถ้าแรงกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุนั้นเปลี่ยนไป



**ภาคผนวก ค**

**ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล**

**ตัวอย่าง**

**แบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน**

**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ชื่อ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดนี้มุ่งที่จะวัดความเข้าใจมโมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. แบบวัดนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบ จำนวน 7 ข้อ

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| | |
|---|---|
| ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) | 4 คะแนน |
| ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) | 3 คะแนน |
| ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) | 2 คะแนน |
| ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) | 1 คะแนน |
| ไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) | 0 คะแนน |

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

**ข้อที่ 1** รถยนต์ A กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็วคงที่ และรถยนต์ B กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วเท่ากัน หากทั้งสองคันมีมวลเท่ากัน โมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ก. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นบวก มีทิศทางเดียวกัน

ข. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน

ค. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ง. โมเมนตัมของรถทั้งสองคันจะเป็นศูนย์ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

.....

.....

.....

**ข้อที่ 2** รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,500 กิโลกรัม ขณะกำลังเคลื่อนที่ชะลอความเร็วจาก 20 เมตรต่อวินาที เป็น 10 เมตรต่อวินาทีในช่วงเวลา 5 วินาที แรงที่กระทำกับรถยนต์เป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. รถยนต์ได้รับแรงที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลานั้น

ข. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. รถยนต์ได้รับแรงคงที่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่

ง. รถยนต์ไม่ได้รับแรงใด ๆ เลยในช่วงเวลานั้น

.....

.....

.....

**ข้อที่ 3** หากวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดลขนาดคงที่ในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีโมเมนตัมเพิ่มขึ้น กรณีนี้แรงดลและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเป็นอย่างไร จงอธิบาย

ก. แรงดลจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ข. แรงดลจะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ค. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเพียงอย่างเดียว

ง. การเพิ่มขึ้นของโมเมนตัมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุเพียงอย่างเดียว

.....

.....

.....

**ตัวอย่าง**

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโมเมนตัมและการชน**

1) โมเมนตัมของวัตถุหมายถึงข้อใด

ก. ปริมาณที่ได้จากผลคูณของมวลและอัตราเร็วของวัตถุ

ข. ปริมาณที่ได้จากผลคูณของมวลและระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ค. ปริมาณที่ได้จากผลคูณมวลและความเร็วของวัตถุ

ง. ปริมาณที่มีค่าคงที่เสมอสำหรับวัตถุชนิดเดียวกัน

2) รถบรรทุกมวล 300 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อวินาทีไปทางทิศเหนือ เมื่อรถบรรทุกชนกับกำแพงและหยุดนิ่งทันที โมเมนตัมของรถบรรทุกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. โมเมนตัมของรถบรรทุกจะเปลี่ยนแปลงเป็นศูนย์ทันทีหลังการชนเนื่องจากรถหยุดนิ่ง

ข. โมเมนตัมของรถบรรทุกจะเพิ่มขึ้นหลังการชน เนื่องจากแรงจากกำแพง

ค. โมเมนตัมของรถบรรทุกจะคงที่ก่อนและหลังการชน

ง. โมเมนตัมของรถบรรทุกจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะหยุด

3) วัตถุมวล 2 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที ถูกแรงกระทำสม่ำเสมอเป็นเวลา 0.2 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็ว 4.5 เมตร/วินาที ไปทางทิศตะวันตก จงหาโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในหน่วยนิวตันวินาที

ก. 3 N.s

ข. 6 N.s

ค. 12 N.s

ง. 15 N.s

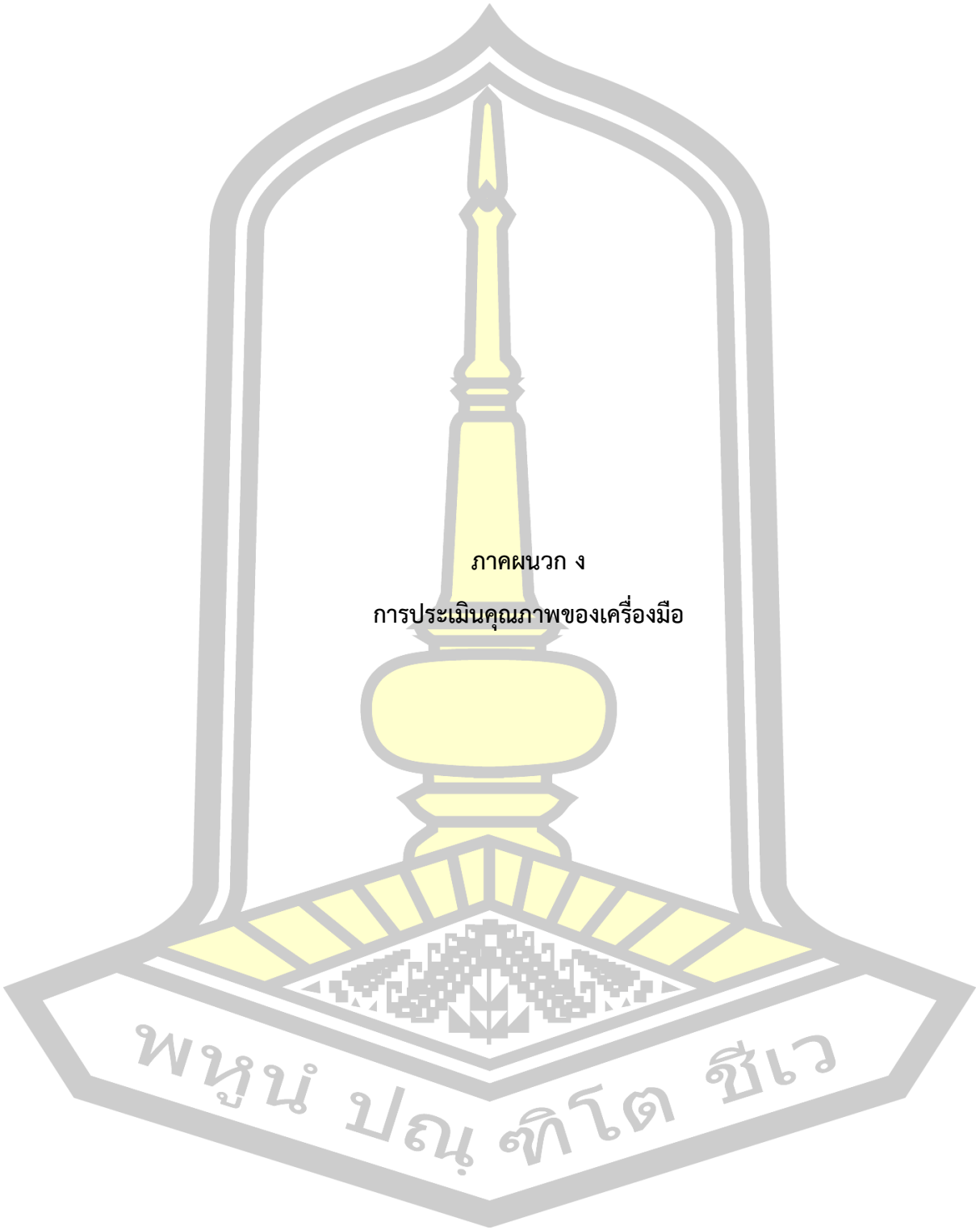
4) เวลากระโดดลงจากที่สูง เมื่อเท้าถึงพื้นเรามักจะย่อเข่าเพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เกิดอาการบาดเจ็บที่เท้า ข้อใดเป็นเหตุผลทางฟิสิกส์ของคำกล่าวนี้

ก. การงอเข่าทำให้โมเมนตัมลดลง จึงเกิดแรงที่เท้าน้อย

ข. การงอเข่าทำให้เวลาที่เท้ากระทำต่อพื้นนานขึ้น ทำให้เกิดแรงที่เท้าน้อยลง

ค. การงอเข่าทำให้เวลาที่เท้ากระทำต่อพื้นน้อยลง ทำให้เกิดแรงที่เท้าน้อยลง

ง. การงอเข่าทำให้ความสูงที่กระโดดลงมาเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงที่เท้าน้อยลง




**ภาคผนวก ง**

**การประเมินคุณภาพของเครื่องมือ**

ตารางที่ 19 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | เฉลี่ย | สรุป |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | |
| 1.1 สาระสำคัญ ถูกต้องเหมาะสม | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.66 | มาก |
| สอดคล้อง กับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.71 | มาก |
| **2.จุดประสงค์การเรียนรู้** | | | | | | | | | |
| 2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.71 | มาก |
| 2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้อย่างชัดเจน | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.71 | มาก |
| 2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.66 | มาก |
| 2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.83 | มาก |
| 2.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน | 4.50 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.64 | มาก |
| **3. กิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | |
| 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4.50 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.00 | 4.60 | 4.00 | 4.47 | มาก |
| 3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นกระตุ้นความ | 4.50 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.76 | มาก |

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | เฉลี่ย | สรุป |
| เข้าใจคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ | | | | | | | | | |
| 3.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นการนำเสนอความขัดแย้งทางปัญญา | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.83 | มาก |
| 3.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นการค้นพบแนวคิดและสมการ | 4.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.63 | มาก |
| 3.5 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นการอภิปรายและประเมินผล | 4.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.69 | มาก |
| 3.6 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจโนมติวิทยาศาสตร์ | 5.00 | 4.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.69 | มาก |
| 3.7 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.00 | 4.69 | มาก |
| **4. สื่อการจัดการเรียนรู้** | | | | | | | | | |
| 4.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.83 | มาก |
| 4.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 4.63 | มาก |
| 4.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจโนมติวิทยาศาสตร์ | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.83 | มาก |
| 4.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน | 4.60 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.83 | มาก |
| **5. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | |

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | เฉลี่ย | สรุป |
| 5.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.83 | มาก |
| 5.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 5.00 | 4.89 | มาก |
| 5.3 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.60 | 4.77 | มาก |
| รวม | 5.00 | 4.87 | 4.60 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | 4.73 | 4.73 | มาก |

ตารางที่ 20 สรุปผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบอาศัยความขัดแย้งเป็นฐานของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน

| **รายการประเมิน** | $\overrightarrow{X}$ | **S.D.** | **ระดับคุณภาพ** |
|---|---|---|---|
| 1. สาระสำคัญ | 4.69 | 0.17 | มาก |
| 2. จุดประสงค์การเรียนรู้ | 4.71 | 0.18 | มาก |
| 3. กิจกรรมการเรียนรู้ | 4.67 | 0.30 | มาก |
| 4. สื่อการจัดการเรียนรู้ | 4.78 | 0.23 | มาก |
| 5. การวัดและประเมินผล | 4.82 | 0.18 | มาก |
| รวม | 4.73 | 0.21 | มาก |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 21 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

| ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | รวม (3 คะแนน) | ค่าดัชนีความสอดคล้อง | สรุปผลการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |

ตารางที่ 22 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

| ข้อที่ | ค่าอำนาจจำแนก | แปลผล | ค่าความยากง่าย | แปลผล | สรุปผล |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.60 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 2 | 0.50 | ใช้ได้ | 0.65 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 3 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 4 | 0.25 | ใช้ได้ | 0.77 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 5 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 6 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.65 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 7 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.77 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |

| ข้อที่ | ค่าอำนาจจำแนก | แปลผล | ค่าความยากง่าย | แปลผล | สรุปผล |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 9 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 10 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 11 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |

ผลปรากฏว่า ข้อสอบจำนวน 14 ข้อ ที่คัดเลือกมาจำนวน 7 ข้อ ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.65-0.77 และอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.25-0.60 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.82

ตารางที่ 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

| ข้อ | ผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | รวม | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 4 | 5 | 5 | 4 | 14 | 4.67 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 6 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 7 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 8 | 5 | 5 | 4 | 14 | 4.67 |
| 9 | 4 | 5 | 5 | 14 | 4.67 |
| 10 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5.00 |
| 11 | 5 | 4 | 5 | 14 | 4.67 |
| 12 | 4 | 5 | 5 | 14 | 4.67 |
| 13 | 5 | 5 | 4 | 14 | 4.67 |
| 14 | 5 | 5 | 4 | 14 | 4.67 |

การประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของผู้เชียวชาญทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ซึ่งหมายถึง เกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 24 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

| ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | รวมคะแนน (3 คะแนน) | ค่าดัชนีความสอดคล้อง | สรุปผลการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 15 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0.33 | ตัดทิ้ง/ปรับปรุง |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

| ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | รวมคะแนน (3 คะแนน) | ค่าดัชนีความสอดคล้อง | สรุปผลการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 24 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 25 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |

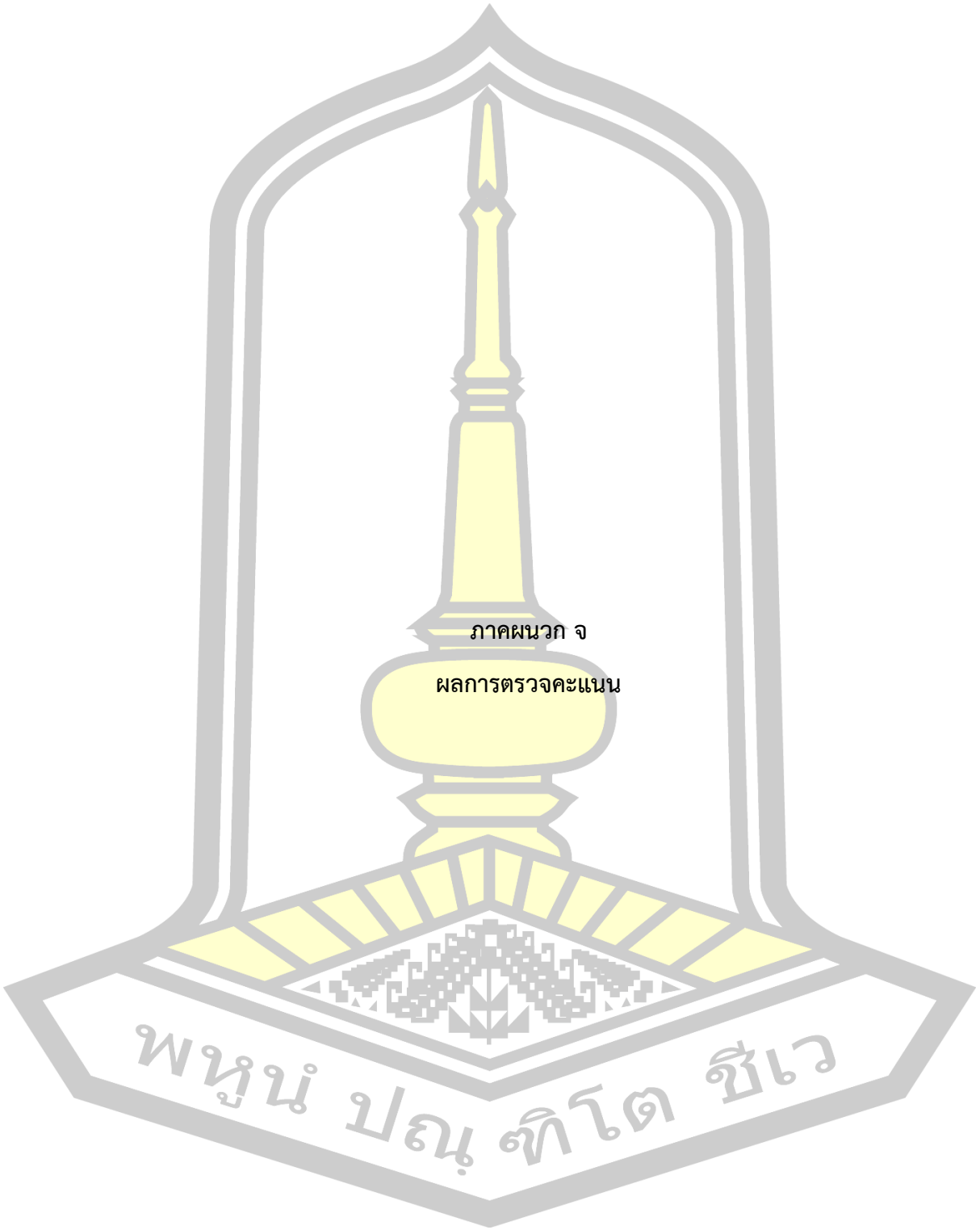
ตารางที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

| ข้อที่ | ค่าอำนาจจำแนก | แปลผล | ค่าความยากง่าย | แปลผล | สรุปผล |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.60 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 2 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.65 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 3 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 4 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.78 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 5 | 0.20 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 6 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.65 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 7 | 0.25 | ใช้ได้ | 0.78 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 8 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 9 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 10 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 11 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 12 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 13 | 0.50 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 14 | 0.55 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 15 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.78 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 16 | 0.20 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 17 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.65 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 18 | 0.25 | ใช้ได้ | 0.77 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 19 | 0.35 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |

| ข้อที่ | ค่าอำนาจจำแนก | แปลผล | ค่าความยากง่าย | แปลผล | สรุปผล |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.75 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 21 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 22 | 0.45 | ใช้ได้ | 0.73 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 23 | 0.40 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 24 | 0.50 | ใช้ได้ | 0.70 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |
| 25 | 0.55 | ใช้ได้ | 0.72 | ใช้ได้ | ใช้ได้ |

ผลปรากฏว่า ข้อสอบจำนวน 25 ข้อ ที่คัดเลือกมาจำนวน 20 ข้อ ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.65-0.78 และอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.20-0.60 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.90

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว




**ภาคผนวก จ**

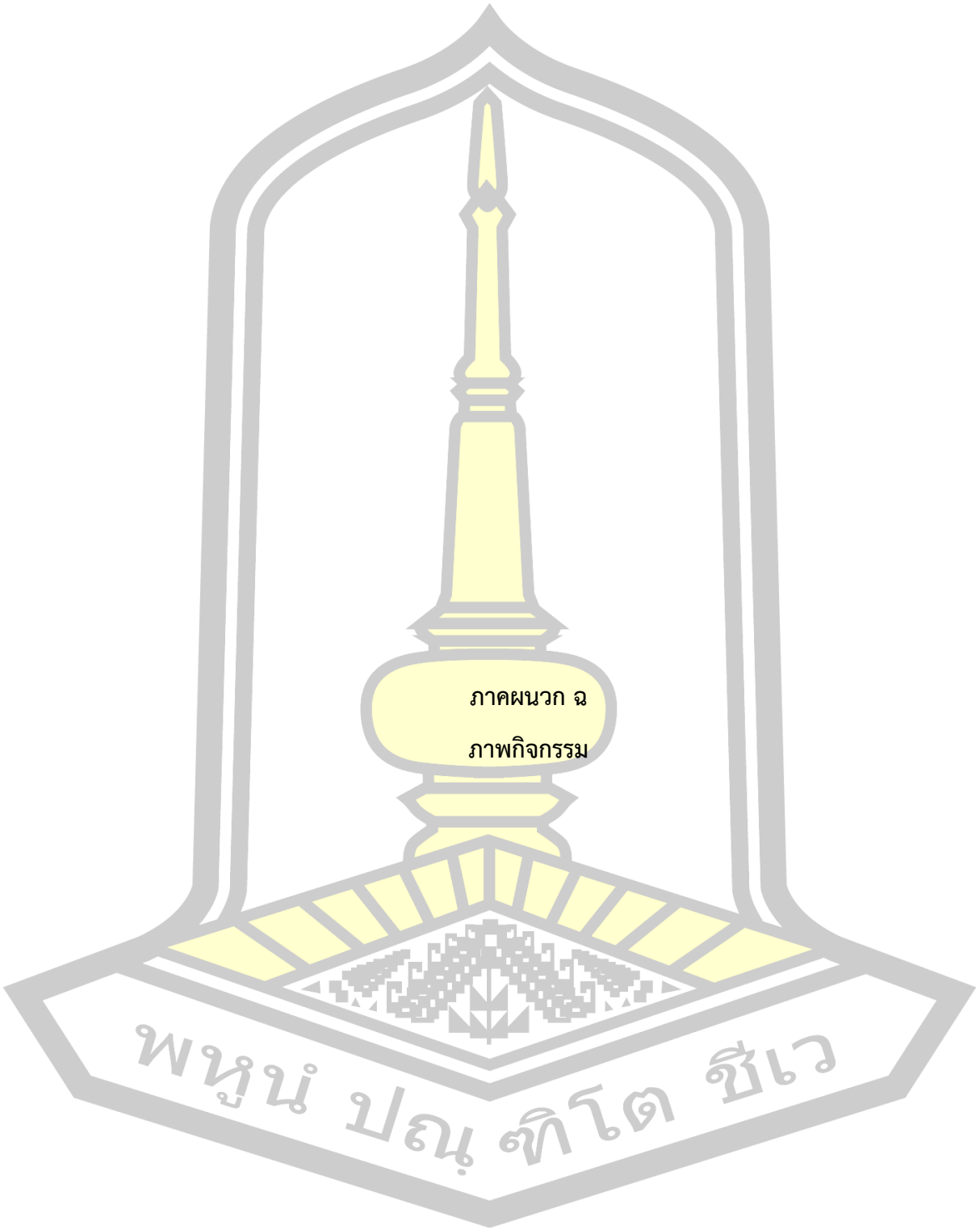
**ผลการตรวจคะแนน**

**ผลคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน**

ตารางที่ 26 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

| คนที่ | คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (20) | คนที่ | คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (20) |
|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 21 | 15 |
| 2 | 15 | 22 | 17 |
| 3 | 18 | 23 | 14 |
| 4 | 12 | 24 | 17 |
| 5 | 14 | 25 | 15 |
| 6 | 13 | 26 | 17 |
| 7 | 14 | 27 | 18 |
| 8 | 13 | 28 | 14 |
| 9 | 17 | 29 | 15 |
| 10 | 18 | 30 | 14 |
| 11 | 15 | 31 | 14 |
| 12 | 16 | 32 | 16 |
| 13 | 15 | 33 | 16 |
| 14 | 15 | 34 | 14 |
| 15 | 15 | 35 | 12 |
| 16 | 15 | 36 | 13 |
| 17 | 13 | 37 | 16 |
| 18 | 14 | 38 | 15 |
| 19 | 18 | 39 | 17 |
| 20 | 17 | | |

ผลปรากฏว่า หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.6868

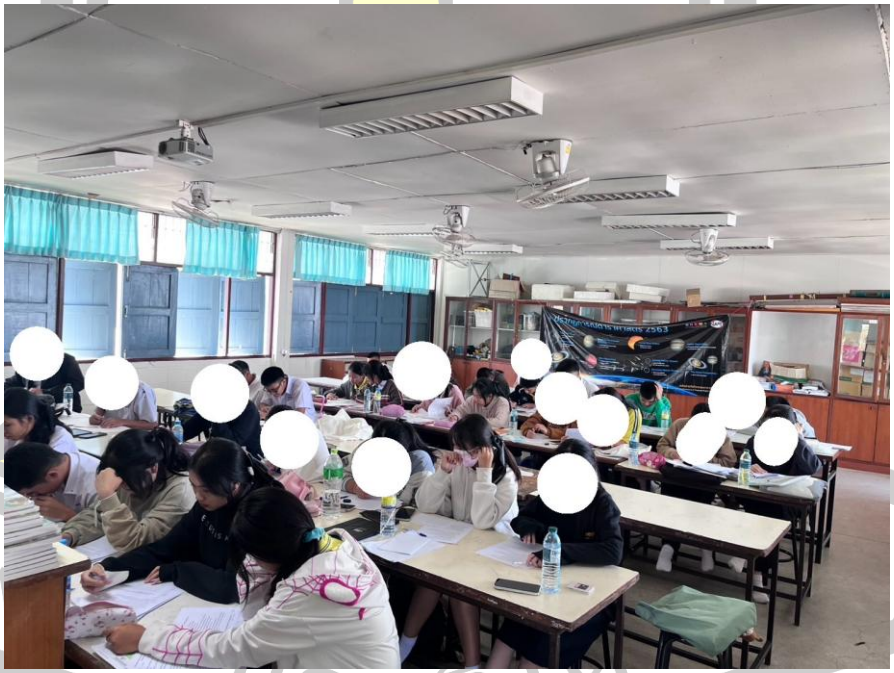



**ภาคผนวก ฉ**

**ภาพกิจกรรม**

นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มเพื่อสรุปแนวคิดที่ถูกต้อง



หลังการจัดการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ภาพที่ 22 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบความขัดแย้งทางปัญญาเป็นฐาน

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ** | นางสาวสุเมธาวี กองมาย |
| **วันเกิด** | วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2543 |
| **สถานที่เกิด** | อำเภอ เมือง จังหวัดปราจีนบุรี |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | บ้านเลขที่ 70 หมู่ 2 ตำบลหัวโทน อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัด ร้อยเอ็ด 45130 |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงาน** | - |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | - |
| **ประวัติการศึกษา** | พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัด ร้อยเอ็ด<br>พ.ศ. 2561 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จังหวัดร้อยเอ็ด<br>พ.ศ. 2566 ระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| **ทุนวิจัย** | - |
| **ผลงานวิจัย** | ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์(สควค.) |

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว