



การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการ
อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4



นันทิตา มงคลศรี

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการ
อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนา
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4"

ของ นันทิตา มงคลศรี

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	นันทิตา มงคลศรี
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, เกมมิฟิเคชัน, สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ และผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน กลุ่มเป้าหมายเลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ครูควรใช้คำถามที่ส่งเสริมต่อการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล และสถานการณ์ที่นำมาควรเป็นเรื่องใกล้ตัว ไม่ซับซ้อน เพื่อจะช่วยให้นักเรียนเห็นภาพ และเข้าใจได้ง่าย ผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีระดับของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นทั้งระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้ โดยความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด และด้านการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด

Title	MODEL-BASED LEARNING INCORPORATING WITH GAMIFICATION TO ENHANCE 10 TH GRADE STUDENTS' COMPETENCY TO EXPLAIN PHENOMENA SCIENTIFICALLY ON MOMENTUM AND COLLISIONS
Author	Nanthita Mongkhonsri
Advisor	Assistant Professor Dr. Thitiya Bongkotphet
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2023
Keywords	Model-Based Learning, Gamification, Competency to explain phenomena scientifically

ABSTRACT

The purposes of this action research were to examine the learning management approach and the learning management results of using model-based learning incorporating with gamification approach to enhance students' explaining phenomena scientifically competency on momentum and collisions. The target group of this research were 11 students who studied in 10th grade. The research instruments were lesson plans, the reflection journals in teaching, the activity work sheets and the developed explaining phenomena scientifically competency test. The data were analyzed by using content analysis technique and some basic statistics. The results show that; the way of using model-based learning incorporating with gamification approach. Teachers should use questions that encourage rational explanations. The situation in learning should be a close-knit affair. In order to help students visualize and understand easily. The results of the development of explaining phenomena scientifically competency, it was found that, overall, students had higher levels of explaining phenomena scientifically competency both during and after learning management.

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา บงกชเพชร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาเสียสละเวลาในการความรู้ ให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำแนวทางการทำงาน และคอยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ค้นคว้า

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ประจำภาควิชา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร นางกัญปณต จันทร์ธีระกุล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนหนองตูมิวิทยา และนางสาววาเลน สวัสดิ์ ครูชำนาญการ โรงเรียนตลิ่งชันวิทยานุสรณ์ ที่กรุณา มาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงการให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุงแก้ไข จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลการทำวิจัยจนทำให้การวิจัย ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์จากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้ที่มีพระคุณ ทุก ๆ ท่าน

นันทิตา มงคลศรี

สารบัญ

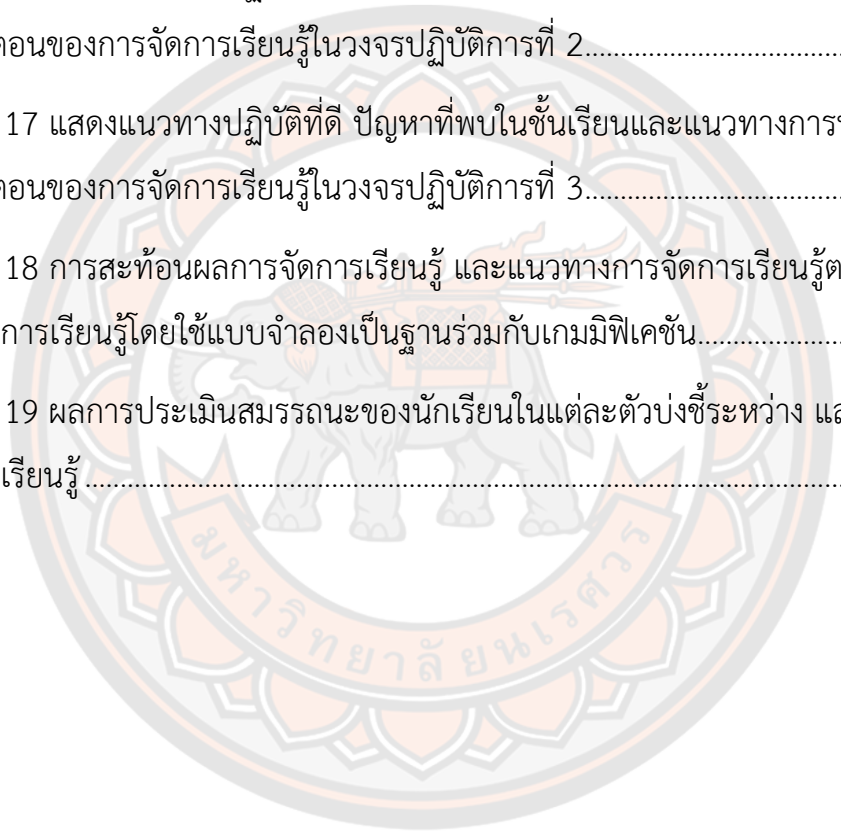
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศคุุณุปการ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	10
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์.....	14
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน.....	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	52
รูปแบบการวิจัย.....	52

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย	53
เครื่องมือการวิจัย	54
ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ	55
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	63
วิเคราะห์ข้อมูล	65
สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย.....	69
บทที่ 4 ผลการวิจัย	71
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อ พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและ การชน	71
ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนา สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน	126
บทที่ 5 บทสรุป	151
สรุปผลการวิจัย.....	151
อภิปรายผล	156
ข้อเสนอแนะ	159
บรรณานุกรม	160
ภาคผนวก.....	164
ประวัติผู้วิจัย	228

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 2	11
ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	13
ตาราง 3 แสดงลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	14
ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบตัวบ่งชี้การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ใน เชิงวิทยาศาสตร์	18
ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบ จำนวนข้อสอบของรูปแบบข้อสอบที่ใช้ในการประเมิน สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	20
ตาราง 6 แสดงระดับความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามกรอบการประเมิน ของ PISA	21
ตาราง 7 แสดงระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน	24
ตาราง 8 แสดงสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบระหว่าง PISA 2006 กับ PISA 2015 (โครงการ PISA ประเทศไทย,2561)	29
ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	36
ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบจำนวน และลักษณะรูปแบบองค์ประกอบของเกมตาม แนวคิดของเกมมิฟิเคชัน	40
ตาราง 11 แสดงการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชันต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	45
ตาราง 12 แสดงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัม และการชน	57

ตาราง 13 ตารางวิเคราะห์รูปแบบข้อสอบ และจำนวนข้อ ของแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์.....	61
ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย....	64
ตาราง 15 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	81
ตาราง 16 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	98
ตาราง 17 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	110
ตาราง 18 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน.....	115
ตาราง 19 ผลการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้.....	126



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แสดงกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA.....	15
ภาพ 2 ข้อสอบสถานการณ์ การอพยพของนก	25
ภาพ 3 ข้อสอบสถานการณ์ สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต-ข้อ 1	26
ภาพ 4 ข้อสอบสถานการณ์ สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาตร-ข้อ 2.....	27
ภาพ 5 ข้อสอบสถานการณ์ การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน.....	28
ภาพ 6 แสดงวงจรการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิด Kemmis and Mc Taggart.....	53
ภาพ 7 การทำการทดลอง เรื่อง การตกของลูกเหล็ก.....	74
ภาพ 8 การเสนอสมมติฐานของนักเรียนในการทดลองการปล่อยลูกเหล็ก	77
ภาพ 9 คำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบาย จากการตอบคำถามหลังการทดลองการปล่อยลูกเหล็ก	78
ภาพ 10 แสดงการเปรียบเทียบภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนก่อนการปรับปรุง (ก) และหลังการปรับปรุง (ข).....	80
ภาพ 11 ชิ้นงานนักเรียนกลุ่มที่ 1 ที่มีการใช้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ใหม่.....	81
ภาพ 12 การเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของนักเรียน.....	91
ภาพ 13 ภาพวาดแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง ที่ได้จากการสังเกต.....	93
ภาพ 14 การเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลอง เรื่องการชนของวัตถุ.....	94
ภาพ 15 ข้อความการเขียนแสดงความแตกต่างของแบบจำลองของนักเรียนจากการทำ กิจกรรมประเมินแบบจำลอง.....	95
ภาพ 16 ภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนทำการปรับปรุง แก้ไข.....	96

ภาพ 17 การเขียนสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์การชน	97
ภาพ 18 การเขียนพยากรณ์เพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์การชน	97
ภาพ 19 ภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนเพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง	107
ภาพ 20 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	128
ภาพ 21 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	128
ภาพ 22 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	129
ภาพ 23 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	129
ภาพ 24 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	130
ภาพ 25 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนนในวงจรปฏิบัติการที่ 3	130
ภาพ 26 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	131
ภาพ 27 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	131
ภาพ 28 แสดงคำตอบข้อที่ 1 ของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน.....	132
ภาพ 29 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	133

ภาพ 30 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	133
ภาพ 31 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	134
ภาพ 32 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	134
ภาพ 33 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	135
ภาพ 34 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	135
ภาพ 35 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	136
ภาพ 36 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	136
ภาพ 37 แสดงคำตอบข้อที่ 4 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้าง แบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย	137
ภาพ 38 แสดงคำตอบข้อที่ 6 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้าง แบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย	138
ภาพ 39 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน	139
ภาพ 40 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	139
ภาพ 41 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	140

ภาพ 42 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	140
ภาพ 43 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	141
ภาพ 44 แสดงคำตอบข้อที่ 8 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ ในการอธิบาย.....	142
ภาพ 45 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	142
ภาพ 46 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	143
ภาพ 47 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	143
ภาพ 48 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	144
ภาพ 49 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	144
ภาพ 50 แสดงคำตอบข้อที่ 7 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการพยากรณ์การ เปลี่ยนแปลง ในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล.....	145
ภาพ 51 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	146
ภาพ 52 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	146
ภาพ 53 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	147

ภาพ 54 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	147
ภาพ 55 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	148
ภาพ 56 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	148
ภาพ 57 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	149
ภาพ 58 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	149



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในสามของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ที่ PISA 2015 (Programme for International Student Assessment 2015) ได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจาก สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ที่แสดงถึง ความฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของนักเรียน โดยนักเรียนที่มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถระลึกถึงความรู้ด้านเนื้อหาที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และใช้ความรู้เพื่อแปลความหมายและให้คำอธิบายต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการวาดแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดในชีวิตประจำวัน การบรรยายและการตีความปรากฏการณ์ การคาดการณ์หรือการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นส่วนสำคัญสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นสิ่งที่นักเรียนในปัจจุบันจำเป็นต้องมีเพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ (PISA Thailand, 2561)

จากผลการประเมินความฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของ PISA ในปี 2006 และ ปี 2015 ซึ่งเป็นปีที่วิทยาศาสตร์เป็นการประเมินหลัก พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ในปี 2006 และ ปี 2015 นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 421 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD นอกจากนี้ สัดส่วนนักเรียนที่มีผลการประเมินไม่ถึงระดับ 1 เพิ่มขึ้น และสัดส่วนนักเรียนที่ระดับ 2 และระดับ 3 ลดลง แม้จะเปลี่ยนแปลงเพียงสัดส่วนเล็กน้อย รวมถึง ยังมีนักเรียนไทยถึง 13% ที่มีผลการประเมินต่ำจนไม่สามารถจัดลำดับได้ (FOCUS ประเด็น PISA, 2560) ในส่วนของผลการประเมินในหมวดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ในปี 2015 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นจุดอ่อน ที่นักเรียนทำคะแนนได้ต่ำที่สุด คือ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (PISA Thailand, 2561) สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่เพียงแต่เป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับความฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการประเมินของ PISA เท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียน ซึ่งหากผู้เรียนไม่สามารถแสดงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ จะมีความเป็นไปได้สูงที่ผู้เรียนจะไม่สามารถตอบสนองและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล เนื่องจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ถือได้ว่าเป็นกระบวนการสำคัญที่ครูควรเน้นย้ำให้เกิดขึ้นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทุกระดับ เพราะจะ

ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารความเข้าใจของตนเองในเรื่องที่กำลังศึกษาอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยแสดงความเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมกันเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ แต่การส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังเกิดขึ้นน้อยมากในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทย (ณัฐธิดา พรหมยอด. 2562)

จากการศึกษาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน โดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ตามแนวทางการประเมินของ PISA จำนวน 2 ข้อ และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ โดยในแบบทดสอบและแบบสัมภาษณ์จะมีการกำหนดสถานการณ์ และตั้งคำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้มาสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน พยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างเป็นเหตุเป็นผลตามหลักของวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน หรือพยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผลตามหลักของวิทยาศาสตร์ได้ ดังตัวอย่างคำถามเช่นถามว่า จากเหตุการณ์การผลึกกลองที่ซ้อนกัน นักเรียนคิดว่ากลองแต่ละกลองจะมีแรงกระทำเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบว่าต้องมีแรงมากกระทำเหมือนกันทุกจุด โดยไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผล เมื่อมีการมาสอบถามเพิ่มเติม นักเรียนก็ยังไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้ตอบได้แค่เพียงว่าแรงที่กระทำจะต้องไปในทิศทางเดียวกัน หรือคำถามที่ว่าจากภาพการออกแรงดึงเชือกที่มีขนาดและมวลติดเชือกต่างกัน นักเรียนคิดว่าลักษณะการเคลื่อนที่และขนาดของแรงที่ดึงเชือกเป็นเช่นไร นักเรียนส่วนใหญ่ตอบเพียงว่าจะมีทิศการเคลื่อนที่ไปตามแรงดึง แต่มีบางส่วนที่ตอบว่าไม่สามารถระบุได้แน่ชัดเนื่องจากข้อมูลของคำถามไม่เพียงพอต่อการคิดหาคำตอบ นอกจากนี้ในบางข้อคำถามที่ให้นักเรียนเขียนทิศทางของแรง หรือทิศทางการเคลื่อนที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงเขียนได้ไม่ถูกต้องและสับสน นั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองหรือนำเสนอข้อมูลที่แสดงถึงความเป็นไปของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามหลักของวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนขาดความสามารถที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุพบว่า นักเรียนคุ้นเคยกับการจำเนื้อหาเพื่อมาตอบคำถาม โดยเฉพาะในเนื้อหาที่เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรม เนื่องจากนักเรียนมองไม่เห็นภาพ จึงไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหา ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างท่องแท้ และนักเรียนขาดทักษะในการอธิบาย ส่งผลทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูล หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการนำมาสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน พยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผลได้ นอกจากนี้สาเหตุอีกประการที่สำคัญ คือ นักเรียนไม่มีแรงจูงใจใน

การเรียนรู้ ด้วยบริบทของนักเรียนที่ไม่ได้เห็นถึงความสำคัญของเนื้อหาที่เรียน ทำให้นักเรียนไม่พยายามที่จะเรียนรู้หรือปฏิบัติงานตามกิจกรรมที่ครูได้เตรียมไว้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเกิดความรู้และสมรรถนะตามจุดประสงค์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉลองวุฒิ จันทร์หอม (2563) ที่ได้มีการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องด้วยนักเรียนนักเรียนขาดแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการนำไปประกอบการอธิบายว่าเหตุใดหลักฐานที่ให้มานั้นจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ผลการวิจัยนี้ สะท้อนให้ครูวิทยาศาสตร์เห็นว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาไปพร้อมกับความรู้เนื้อหาและความรู้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

โมเมนตัม และการชน เป็นเนื้อหาที่จัดอยู่ในหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกำหนดผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง โมเมนตัม และการชน คือ ผลการเรียนรู้ข้อที่ 14 อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลารวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม และผลการเรียนรู้ข้อที่ 15 ทดลองอธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม และการชน ควรมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทั้งด้านการคำนวณ และการอธิบายสิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นเหตุเป็นผลตามหลักการของ โมเมนตัม และการชน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนา สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนดึงความรู้วิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล ระบุ ใช้ และสร้างรูปแบบการอธิบายและการแสดงข้อมูล พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล (ราตรี ยะคำ, 2563) การสร้างแบบจำลองของนักเรียนยังช่วยให้นักเรียนเกิดเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นนามธรรมกับประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริงได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา และธนิศา เลิศพรกุลรัตน์, 2559) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยหลายชิ้นงานที่ได้มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงทักษะการให้เหตุผลซึ่งจัดได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการเกิดสมรรถนะนี้ ตัวอย่างงานวิจัย เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ (ราตรี ยะคำ, 2563) ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง

เป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ สมรรถนะหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (จุฑามาศ กันทะวัง, 2563) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยทั้งสองที่กล่าวข้างต้นได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เป็นเนื้อหานามธรรมได้ เนื่องจากสามารถช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพของเนื้อหา และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเนื้อหาอื่น ๆ ที่เป็นนามธรรม (ราตรี ยะคำ, 2563) และเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือแนวคิดทางการศึกษาอื่น ๆ (จุฑามาศ กันทะวัง, 2563)

เกมมิฟิเคชันเป็นแนวคิดหนึ่งที่ได้เข้ามามีส่วนสำคัญต่อระบบการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องด้วยสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนปัจจุบัน ที่ยังขาดการมีส่วนร่วมในห้องเรียน ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ จนส่งผลกระทบต่อความสามารถทางการศึกษาของตัวนักเรียนเอง การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนปัจจุบันจึงควรมีการเสริมปัจจัยที่สามารถช่วยกระตุ้น และพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่ เกมมิฟิเคชัน ถือได้ว่าเป็นรูปแบบแนวคิดหนึ่งทีในปัจจุบันมีการนำมาบูรณาการร่วมกับรูปแบบวิธีการสอนในห้องเรียน เนื่องจากสามารถนำไปบูรณาการในระดับชั้นได้หลายระดับ ช่วยส่งผลในเชิงบวกต่อความสำเร็จของการสอนโดยสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมและแรงจูงใจของนักเรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจในส่วนของเนื้อหาวิชาการที่ซับซ้อน ซึ่งสามารถนำแนวคิดนี้บูรณาการรวมกับวิธีการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อช่วยเชื่อมช่องว่างระหว่างความคิดเชิงลบในกระบวนการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักเรียน ซึ่งจะสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ได้ (Alebous, 2012) เนื่องจากการเรียนรู้จะประสบความสำเร็จได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับความร่วมมือของนักเรียนเป็นสำคัญ เพราะ นักเรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนสูงจะมีโอกาสได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงเช่นกัน (นิภารัตน์ รูปไข่, 2557) การบูรณาการเกมมิฟิเคชันในการศึกษาจะเป็นการใช้กลไกตามเกมสุนทรียศาสตร์ และความคิดในเกมเพื่อดึงดูด และกระตุ้นการทำงานของนักเรียนสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และทักษะการแก้ปัญหา (KAPP, 2012) เกมมิฟิเคชันยังมีจุดเด่นหนึ่งที่สำคัญ คือ มีหลักการออกแบบกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมนักเรียนของนักเรียนนักศึกษาในปัจจุบันเป็นอย่างดี โดยมีผลการศึกษาวิจัยที่แสดงไปในทิศทางเดียวกันว่า วิธีการนี้ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้มีความสนุกสนาน กระตุ้นความสนใจเรียน และสร้างความผูกพันในการเรียนของผู้เรียนมาก

ยิ่งขึ้น (ชนัดดา พูนเดช และธนิศา เลิศพรกุลรัตน์, 2559) ไม่เพียงเท่านั้นเกมมิฟิเคชัน ยังสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน จากผลการวิจัยของ Brian Bourke ที่นำรูปแบบของเกมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา พบว่า เกมมิฟิเคชันสามารถสร้างแรงกระตุ้นที่ทำให้นักเรียนแสดงทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญออกมาได้ และสามารถจะส่งผลในเชิงบวกต่อการมีส่วนร่วมของนักเรียน อีกด้วย (Bourke, 2021) รวมถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยของ Michail Kalogiannakis ที่ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เกมมิฟิเคชันในการศึกษาวิทยาศาสตร์ระหว่างปี 2012 ถึง 2020 สนับสนุนว่า เกมมิฟิเคชันสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติเชิงบวกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ ส่งเสริมแรงจูงใจทั้งภายในและนอกของผู้เรียน รวมถึงสามารถช่วยส่งเสริมและพัฒนาด้านวิชาการของนักเรียนอีกด้วย (Kalogiannakis, 2021)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างสถานการณ์เหมือนเกม โดยนำกลไก หรือองค์ประกอบของเกมเข้ามาอยู่ในแต่ละขั้นของกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การสร้างสถานการณ์เหมือนเกม สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นเห็นเป็นผลผ่านเรื่องราว และองค์ประกอบของเกมที่น่ามาใช้ (Alebous, 2021) นอกจากนี้ยังช่วยสร้างความน่าสนใจของกิจกรรมการเรียนการสอน ช่วยให้นักเรียนมีแรงขับเคลื่อนในการเรียนรู้ สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างมีความสุข ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความรู้ ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และเชื่อมโยงความรู้ผ่านการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ

จากปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับบริบทของนักเรียน ไม่ควรเป็นเพียงแค่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ควรเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ความต้องการ เห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ และสนุกไปกับการเรียนรู้ในเนื้อหาที่เป็นรูปธรรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาบูรณาการร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามของการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีแนวทางอย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้หรือไม่ อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่สามารถพัฒนา สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่พัฒนา สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา
เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ 2 (เพิ่มเติม) เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบ่งออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่
เรื่อง โมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม
เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ
เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ
2. ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย
กลุ่มเป้าหมาย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2565 จำนวน 11 คน
3. ขอบเขตของสิ่งที่ศึกษา
3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
3.2 สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน
4. ขอบเขตด้านเวลา
งานวิจัยนี้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมเป็น 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีความสามารถในการรับรู้ เสนอ และประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี โดยสามารถทำสิ่งต่อไปนี้
 - 1.) นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล คือ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

2.) ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย คือ ความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ

3.) เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย คือ ความสามารถในการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ

4.) พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล คือ ความสามารถในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถอธิบายเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล

5.) อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม คือ ความสามารถในการอธิบายถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อสังคมได้อย่างสมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลอง เรื่อง โมเมนตัม และการชน เข้ามาเป็นสื่อกลางในการเรียนรู้ โดยมีการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามรูปแบบของเกมมิฟิเคชัน ซึ่งหมายถึง การนำกลไก หรือองค์ประกอบของเกมทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ได้แก่ 1.) คะแนน (Points) 2.) ระดับ (Levels/Stages) 3.) เหรียญแสดงความสำเร็จ (Badges) 4.) กระดานผู้นำ (Leaderboards) 5.) รางวัลและของขวัญรางวัล (Prizes and Rewards) 6.) แถบความคืบหน้า (Progress bars) 7.) เรื่องราวที่นำมาใช้ (Storyline) และ 8.) ข้อเสนอแนะ (Feedback) เข้าไปบูรณาการร่วมกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 7 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นการเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena)

นักเรียนในห้องเรียนศึกษาปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนจากนั้นร่วมกันอภิปรายแสดงความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสถานการณ์นั้นออกมา โดยมีการใช้ “เหรียญนักพูด” เป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของดำเนิน

2. ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model)

นักเรียนสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลอง 2 มิติ ขึ้นแรกโดยอาศัยความรู้ที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคะแนนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจะเป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของดำเนิน

3. ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model)

นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์จากขั้นที่ 1 เพื่อรวบรวม และสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่ และนำมาใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน หรือความเข้าใจที่คิดไว้ก่อนหน้านี้ นักเรียนที่ไม่ปฏิบัติกิจกรรมจะถูกลดคะแนน และระดับบนกระดานผู้นำ

4. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model)

นักเรียนทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ตนเองได้ศึกษามากับแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองกับปรากฏการณ์ ถ้าไม่สอดคล้องต้องทำการแก้ไข โดยจะต้องสามารถระบุสาเหตุ หรือหาคำอธิบายมาประกอบเหตุผลของการแก้ไข เพื่อเป็นกุญแจในการผ่านไปสู่อ่านถัดไป

5. ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas)

นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีหรือกฎ อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เรียนอยู่ เพื่อทำการสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์

6. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model)

นักเรียนทำการแก้ไข ปรับเปลี่ยนแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ โดยจะต้องสามารถระบุคำอธิบายหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสนับสนุนแบบจำลองขั้นนี้ได้จึงจะมีคะแนนที่สามารถเป็นนำไปสู่อ่านถัดไป

7. ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ (Use the model to predict or explain)

แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามการสุ่มจับสลาก จากนั้นให้นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่คิดว่าสมบูรณ์ที่สุดมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามที่กลุ่มตนเองได้รับ กลุ่มไหนสามารถทำภารกิจสำเร็จก่อนเป็นกลุ่มแรกจะได้รับ “มงกุฎผู้ชนะ”

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.1 สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้
 - 1.2 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2
 - 1.3 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2
2. สมรรถนะการประเมินการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์
 - 2.1 สมรรถนะการประเมินการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์
 - 2.2 การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
 - 2.3 ตัวอย่างข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
 - 2.4 ผลการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
 - 3.1 ความหมายของแบบจำลอง
 - 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 3.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 3.4 ความหมายของเกมมิฟิเคชัน
 - 3.5 องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน
 - 3.6 แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน
 - 3.7 ข้อดี และข้อจำกัดของการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้
 - 3.8 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หลักสูตรสถานศึกษารายวิชาเรียน (เพิ่มเติม) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีการศึกษา และวิเคราะห์มาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช พ.ศ. 2560) บูรณาการร่วมกับบริบทของโรงเรียน โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

หลักสูตรสถานศึกษารายวิชาเรียน (เพิ่มเติม) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ได้มีการกำหนดสาระเพิ่มเติม ดังนี้

1. สาระชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
2. สาระเคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี
3. สาระฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่และพลังงาน
4. สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงาน ความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสาระฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ซึ่งมีการกำหนดชื่อรายวิชา คือ รายวิชาฟิสิกส์ 2 โดยในรายวิชานี้ได้มีการกำหนดผลการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องแสดงออกมา ดังนี้

ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 2

ระดับชั้น	สาระฟิสิกส์ข้อที่ 1	ผลการเรียนรู้
ม.4	เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุล กลของ วัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์ พลังงานกล โมเมนตัมและกฎ การอนุรักษ์ โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	<p>1. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง ทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง</p> <p>2. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p> <p>3. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย</p> <p>4. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับ พลังงานศักย์โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรง ลัพธ์</p> <p>5. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้ง วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎ การอนุรักษ์พลังงานกล</p> <p>6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการ ได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดย ใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณ</p>

ระดับชั้น	สาระพินิจข้อที่ 1	ผลการเรียนรู้
		ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล
		7. อธิบาย และคำนวณโมเมนต์ของวัตถุ และการตกลงสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนต์
		8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนต์
		9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
		10. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

จากตารางข้อมูลสามารถสรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้ในรายวิชาพินิจ 2 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 มีทั้งหมด 10 ผลการเรียนรู้ เมื่อวิเคราะห์ตามผลการเรียนรู้จะสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหน่วยการเรียนรู้

2. คำอธิบายรายวิชาพินิจ 2

ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับแรงและงาน พลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง เครื่องกล โมเมนต์ แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ การดลและแรงดล การชน การเคลื่อนที่แบบหมุน ทอร์กโมเมนต์ความเฉื่อย พลังงานจลน์ของการหมุน โมเมนต์เชิงมุม การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และแบบหมุนสภาพสมดุล สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง สมดุล

ของวัตถุ เสถียรภาพของสมดุล และสภาพยืดหยุ่น โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล อภิปรายและการทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

3. โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2

ในการวิเคราะห์ตามผลการเรียนรู้ สามารถจัดหน่วยการเรียนรู้ออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย สมดุลกล งานและพลังงาน โมเมนตัมและการชน และการเคลื่อนที่แนวโค้ง โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม ซึ่งแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)
3	โมเมนตัม และการชน	7. อธิบาย และคำนวณ โมเมนตัมของวัตถุ และ การดลจากสมการและ พื้นที่ใต้กราฟความ สัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ กับเวลา รวมทั้งอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดลกับโมเมนตัม	เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จะมี โมเมนตัม ของวัตถุ ซึ่งมีค่า เท่ากับผลคูณระหว่างมวล กับความเร็วของวัตถุ แรง ลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะทำ ให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป เรา เรียกว่า แรงดล ผลคูณ ระหว่างแรงลัพธ์กับช่วงเวลา ที่แรงกระทำ เราเรียกว่า การดล	12
		8. ทดลอง อธิบาย และ คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวกับการชนของวัตถุ ในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และ		

หน่วยที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)
		การดีดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎ การอนุรักษ์โมเมนตัม		

จากการศึกษาผลการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่าผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น นักเรียนจะต้องสามารถ ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับ โมเมนตัม และการชนของวัตถุ รวมถึงการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณที่เกี่ยวข้อง จากการวิเคราะห์ใน ส่วนของเนื้อหา สามารถนำจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนทั้งสิ้น 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ดังรายละเอียด ในตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 แสดงลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	เรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
โมเมนตัมและ	1	โมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม	4
การชน	2	การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ	4
	3	การดีดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ	4
		รวม	12

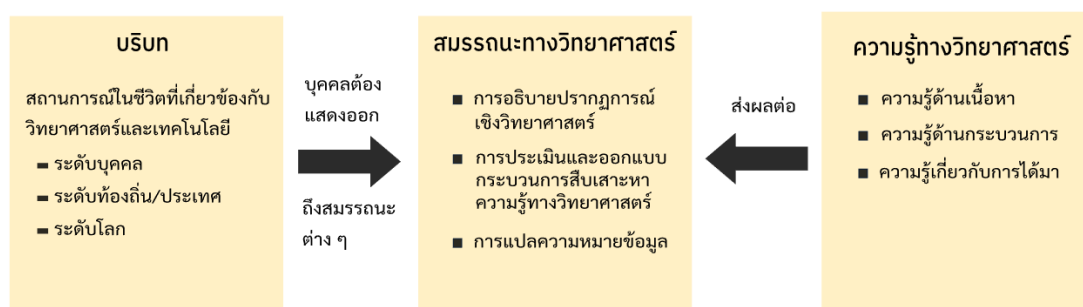
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1. ความหมายสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

PISA : Programme for International Student Assessment หรือ โครงการประเมินผล นักเรียนร่วมกับนานาชาติ ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพสำหรับการ

แข่งขันในอนาคต โดย PISA จะทำการประเมิน ความฉลาดรู้ (Literacy) ในสามด้าน ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านการอ่าน (Reading Literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

PISA ให้นิยามความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ไว้ว่า ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ บุคคลที่ได้ชื่อว่าฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientifically Literate Person) คือผู้ที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งบุคคลนั้นจำเป็นต้องรู้และใช้องค์ประกอบหลายอย่าง ได้แก่ บริบทหรือสถานการณ์ของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ PISA จึงได้กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ส่วน คือ บริบท สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ โดยทั้ง 3 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์ตามแผนภาพที่แสดงดังนี้



ภาพ 1 แสดงกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA

ที่มา: โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA

ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA ได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และนิยามการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการทำสิ่งเหล่านี้ได้นั้นคือ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) (PISA THAILAND, 2563)

จากกรอบการประเมินข้างต้นจะเห็นได้ว่า การนำมาซึ่งสมรรถนะทั้ง 3 บุคคลนั้นจะต้องสามารถใช้หรือมีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดย ความรู้นั้นจะต้องอยู่ในกรอบของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตในระดับบุคคล ระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก ดังนั้นในการประเมิน

สมรรถนะแต่ละด้าน PISA จึงได้มีการกำหนดความหมาย และตัวชี้วัดของสมรรถนะแต่ละด้านไว้ดังนี้ (PISA THAILAND, 2560)

1. การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explaining phenomena scientifically) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์การแสดงออกถึงสมรรถนะนี้บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ต้องสามารถระลึกถึงความรู้ด้านเนื้อหาที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และใช้ความรู้เพื่อแปลความหมายและให้คำอธิบายต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการวาดแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การบรรยายและการตีความปรากฏการณ์ การคาดการณ์หรือการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการให้นักเรียนระบุว่า คำบรรยาย คำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้ หรือไม่ ด้วยเหตุผลอะไร เป็นต้น

จากนี้กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หมายถึง การมีความสามารถในการรับรู้ เสนอ และประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี โดยบุคคลที่มีความสามารถในสมรรถนะนี้จะต้องทำสิ่งต่อไปนี้ได้

1. นำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
3. เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย
4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

2. การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluating and designing scientific enquiry) บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างความรู้ที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ การแสดงออกถึงสมรรถนะด้านนี้ บุคคลต้องสามารถประเมินข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ แยกแยะคำถามทางวิทยาศาสตร์ว่าคำถามใดสามารถตอบได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดสอบที่เที่ยงตรงต้องทำอย่างไร ต้องเปรียบเทียบอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด ต้องค้นคว้าสารและข้อมูลอะไรเพิ่มเติมอีก และต้องทำอะไร อย่างไรจึงจะเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ นอกจากนี้ ยังต้องรู้ถึงความสำคัญและคุณค่าของงานวิจัยที่ผ่านมาที่ส่งผลต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป รวมถึงการเข้าใจถึงความสำคัญของการตั้งข้อสงสัยในการรายงานของสื่อ เกี่ยวกับเรื่องวิทยาศาสตร์ว่า ข้อค้นพบจากงานวิจัยต่าง ๆ อาจมีความคลุมเครือ ไม่แน่นอน หรือมีความลำเอียงได้ เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการมีความสามารถในการอธิบายและประเมินคุณค่าของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวทางในการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยบุคคลที่มีความสามารถในสมรรถนะนี้จะต้องสามารถทำสิ่งต่อไปนี้

1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
5. บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย

3. การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpreting data and evidence scientifically) บุคคลที่มีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ ต้องแสดงออกถึงความสามารถในการตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างคำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุป นำเสนอข้อมูลที่ได้รับในรูปแบบอื่น เช่น ใช้คำพูดของตนเอง แผนภาพ หรือการแสดงแทนอื่น ๆ ได้ ซึ่งสมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หรือสรุปข้อมูล และใช้ความสามารถในการใช้วิธีการพื้นฐานในการแปลงข้อมูลเป็นการแสดงแทนในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังต้องสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีหรือไม่ รวมถึงสามารถให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่บุคคลต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งและลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม โดยบุคคลที่มีความสามารถในสมรรถนะนี้จะต้องสามารถทำสิ่งต่อไปนี้

1. แปลงข้อมูลที่นำเสนอรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบอื่น
2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป
3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการพิจารณาแหล่งที่มาที่หลากหลาย
5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาในส่วนของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explaining phenomena scientifically) จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปความหมายของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ว่า สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีความสามารถในการรับรู้ เสนอ และประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี โดยสามารถทำสิ่งต่อไปนี้

- 1.) นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
- 2.) ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
- 3.) เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย
- 4.) พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
- 5.) อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

2. การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1. กรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA

การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA จะมีการตั้งตัวบ่งชี้ที่แตกต่างกันไปในแต่ละรอบของการประเมิน โดยในงานวิจัยนี้จะมีการเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นข้อแตกต่างที่เกิดขึ้นของ 3 ปี ได้แก่ ปี 2006 ,2015 และ 2018 ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบตัวบ่งชี้การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

สิ่งที่เปรียบเทียบ	PISA 2006	PISA 2015	PISA 2018
ตัวบ่งชี้	1. ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และสอดคล้องกับประจักษ์พยาน	1. นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	1. นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
	2. บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์	2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย	2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
		3. เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย	3. เสนอสมมติฐานเพื่อ

สิ่งที่เปรียบเทียบ	PISA 2006	PISA 2015	PISA 2018
	3.ระบุได้ว่าคำบอกกล่าวบรรยาย คำอธิบาย และการพยากรณ์ใดที่สมเหตุสมผล	4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล	ใช้ในการอธิบาย
		5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม	4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
			5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่า ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของปี 2006 มี 3 ตัวบ่งชี้ ส่วนในปี 2015 มีเพิ่มขึ้นมาเป็น 5 ตัวบ่งชี้ เนื่องจากมีการขยาย และปรับเปลี่ยนประโยคของตัวบ่งชี้ให้มีความชัดเจนมาก เพื่อที่การประเมินมีความชัดเจน และครอบคลุมบริบทของกลุ่มนักเรียนมากขึ้น และในปี 2018 ยังคงใช้ตัวบ่งชี้เช่นเดียวกับปี 2015 จะเห็นได้ว่าความสามารถที่แสดงถึงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สามารถมีการปรับเปลี่ยนได้ตามบริบทการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสังคม สำหรับงานวิจัยนี้ใช้รูปแบบตัวบ่งชี้การประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ตามปี 2015

2. รูปแบบข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์ของ PISA

รูปแบบข้อสอบที่ PISA ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มี 3 รูปแบบ ได้แก่

2.1 ข้อสอบรูปแบบมีตัวเลือกตอบ (Simple multiple choice) เป็นข้อสอบที่มีตัวเลือกให้นักเรียน 4 ตัวเลือก โดยนักเรียนจะต้องเลือกตอบได้ 1 ตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องสอดคล้องกับบริบทของข้อความ

2.2 ข้อสอบรูปแบบมีตัวเลือกตอบ (Complex multiple choice) เป็นข้อสอบที่มีลักษณะ ดังนี้

- ให้นักเรียนได้เลือก “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในชุดของคำถาม ซึ่งนักเรียนจะต้องตอบถูกต้องทั้งหมดในชุดจึงจะได้คะแนน

- เป็นการเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบจากรายการที่กำหนดให้
- เป็นการเติมคำในประโยคให้สมบูรณ์โดยการเลือกคำตอบจากรายการที่กำหนดให้
- อาจจะเป็นการตอบแบบจับคู่ เรียงลำดับ หรือจำแนกประเภท

2.3 ข้อสอบแบบสร้างคำตอบอิสระ (Open Response) เป็นข้อสอบที่มีให้นักเรียนได้เขียนแสดงความรู้ ความเข้าใจ โดยมีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้

- การเขียนคำตอบแบบสั้นเป็นกลุ่มคำ เป็นคำตอบที่เฉพาะเจาะจง หรือจำกัดเนื้อหาการตอบ (อาจเป็นคำอธิบายที่ประกอบด้วยประโยค 2-4 ประโยค)
- การเขียนคำตอบแบบยาวเป็นย่อหน้าสั้น ๆ
- ข้อคำถามบางข้อจะให้วาดภาพ เช่น กราฟ หรือแผนภาพ

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบ จำนวนข้อสอบของรูปแบบข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ปี	ร้อยละของข้อสอบประเมินสมรรถนะวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบในแต่ละรูปแบบ (ข้อ)				
		ข้อสอบทั้งหมด	เลือกตอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน	สร้างคำตอบอิสระ	สร้างคำตอบปิด
2006	49.07	53	22	11	16	4
2015	48.37	89	30	26	30	3

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ PISA เลือกใช้นั้นมีหลากหลายรูปแบบ และในแต่ละรูปแบบจะมีน้ำหนักของจำนวนข้อที่แตกต่างกันไป เมื่อสังเกตข้อมูลการเปรียบเทียบจำนวนข้อสอบในปี 2006 และปี 2015 จะพบว่า จำนวนของข้อสอบแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน นั่นอาจเป็นเพราะในปี 2015 ได้มีการปรับตัวบ่งชี้ จึงทำให้รูปแบบของข้อสอบที่จะใช้วัดและประเมินมีจำนวนที่ต่างจากรอบประเมินครั้งก่อน และข้อสังเกตอีกประการพบว่า ในปี 2015 จำนวนข้อสอบแบบสร้างคำตอบอิสระมีจำนวนที่เพิ่มขึ้น นั่นอาจเป็นเพราะ ทาง PISA ได้เล็งเห็นความแตกต่างของนักเรียนที่รับการประเมินในแต่ละปีจึงได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อสอบเพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนที่ประเมิน สำหรับงานวิจัยนี้ทำการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกันเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงของผลการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์ รูปแบบของข้อสอบแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ โดยกำหนดอัตราส่วนข้อสอบแบบเขียนตอบ มากกว่าแบบอื่น เนื่องจากข้อสอบในลักษณะนี้จะเป็นข้อสอบที่สามารถเห็นถึงกระบวนการคิดของนักเรียนได้ชัดเจน และเป็นข้อสอบที่เปิดกว้างในการให้นักเรียนได้เขียนแสดงความเข้าใจในการเรียนรู้

3. เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบ และระดับการประเมินสมรรถนะการอธิบาย

ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA

เกณฑ์ในการให้คะแนนของข้อสอบตามกรอบของ PISA ข้อสอบในแต่ละรูปแบบจะมีแนวทางในการให้คะแนนที่แตกต่างกัน (นันทวัน นันทวนิช, 2557, หน้า 40-43) ดังนี้

ข้อสอบแบบเลือกตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามถูกต้อง
- 0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามไม่ถูกต้อง

ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามถูกต้อง
- 0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามไม่ถูกต้อง

ข้อสอบแบบสร้างคำตอบอิสระ

- 1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำตอบถูกต้องทั้งหมด
- 2 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำตอบถูกต้องบางส่วน
- 0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำตอบไม่ถูกต้องบางส่วน

โดยในการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบของ PISA จะใช้มาตรวัดซึ่งแบ่งออกเป็นระดับความสามารถ แต่ละระดับจะบอกถึงความสามารถที่นักเรียนจะต้องแสดงออกมาในระดับนั้น ๆ โดยระดับความสามารถแบ่งออกเป็น 7 ระดับ เริ่มจากระดับต่ำสุด คือ 1b และระดับสูงสุด คือ ระดับ 6 โดยในแต่ละระดับจะมีการบอกถึงความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ต้องแสดงออกมา ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงระดับความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามกรอบการประเมินของ PISA

ระดับ	ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
6	ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถทำภาระงานวิทยาศาสตร์ที่ยาก ๆ ได้สำเร็จสมบูรณ์เกือบทุกข้อสามารถดึงเอาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ และโลกและอวกาศ มาสัมพันธ์กันได้ สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ด้าน

ระดับ	ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
	<p>กระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ในการให้คำอธิบายทางทฤษฎีหรือ คาคณะเนปรากฏการณ์ เหตุการณ์หรือกระบวนการที่ไม่คุ้นเคย หรือทำนายผลของ เหตุการณ์ ในการตีความ แปลความข้อมูลและประจักษ์พยาน ก็สามารถแยกแยะสาระที่ สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับข้อมูลออกจากกันได้ และสามารถดึงเอาความรู้ภายนอกเข้า มาใช้กับเรื่องที่เรียนรู้ได้</p>
5	<p>ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถใช้กรอบความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมเพื่ออธิบาย ปรากฏการณ์ กระบวนการ หรือเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและมีความซับซ้อนมากขึ้นได้ สามารถใช้กระบวนการความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่มีความซับซ้อนในการ ประเมินการออกแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถให้เหตุผลที่เลือกวิธีการ ทดลองวิธีใดวิธีหนึ่งและสามารถใช้ความรู้ตามทฤษฎีมาตีความหรือทำนายผลได้ นักเรียนที่ระดับ 5 สามารถประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดให้ในเชิง วิทยาศาสตร์และระบุข้อจำกัดในการแปลความข้อมูล รวมถึงแหล่งที่มาและผลกระทบจาก ความไม่แน่นอนของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้</p>
4	<p>ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมมากขึ้น ซึ่ง อาจเป็นความรู้ที่มีให้หรือเป็นความรู้ที่จดจำมาเอง เพื่อนำมาใช้สร้างคำอธิบายใน เหตุการณ์หรือกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้นและไม่คุ้นเคยมาก่อน สามารถทำการทดลอง เก็บข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัวแปรขึ้นไปในบริบทที่มีข้อจำกัด โดยสามารถ อธิบายเหตุผลในการออกแบบการทดลองโดยใช้ความรู้ด้านกระบวนการและความรู้ เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ นักเรียนที่ระดับ 4 สามารถแปลความหมายข้อมูลที่ได้มาจาก ข้อมูลที่มีความซับซ้อนปานกลาง หรือบริบทที่ไม่คุ้นเคย และสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และที่ขยายออกไกลกว่าที่ได้จากข้อมูลเฉพาะหน้าและสามารถให้เหตุผลสำหรับการเลือก ของตนเองได้</p>
3	<p>ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่มีความซับซ้อนปานกลาง เพื่อระบุบอก ประเด็นหรือสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่รู้จักคุ้นเคย ถ้าเป็นสถานการณ์ ที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลโดยอาศัยตัวชี้นำ หรือตัว สนับสนุนที่เหมาะสม สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือความรู้ด้าน กระบวนการในการหาความรู้เพื่อดำเนินการทดลองอย่างง่ายในบริบทที่มีข้อจำกัด นักเรียนที่ระดับ 3 สามารถแยกแยะอย่างชัดเจนได้ว่าประเด็นใดเป็นวิทยาศาสตร์ (อธิบาย ได้ มีประจักษ์พยาน ตรวจสอบได้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์) และประเด็นใดไม่เป็น</p>

ระดับ	ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
	วิทยาศาสตร์ และสามารถระบุประจักษ์พยานเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
2	ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการเบื้องต้นมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดีความข้อมูล และตั้งปัญหาของเรื่องเพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่าย นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่พบได้ในชีวิตประจำวันเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อนมาก นักเรียนที่ระดับ 2 สามารถแสดงว่ามีความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิหาคำความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์
1a	ที่ระดับ 1a นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการเบื้องต้นในชีวิตประจำวันเพื่อรับรู้หรือระบุคำอธิบายของปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์อย่างง่ายที่ ต้องการการคิดไม่มาก สามารถทำการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นแบบแผนที่มีตัวแปรไม่เกินสองตัวแปรได้เมื่อมีตัวช่วยหรือการให้ความช่วยเหลือ สามารถระบุความสัมพันธ์หรือบอกถึงสาเหตุแบบง่ายได้และแปลความข้อมูลที่เป็นภาพหรือกราฟที่ต้องใช้การคิดเพียงเล็กน้อย นักเรียนที่ระดับ 1a สามารถเลือกคำอธิบายที่ดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดมาให้ในบริบทที่คุ้นเคยหรือเกี่ยวข้องตรง ๆ กับชีวิตส่วนตัว ท้องถิ่น หรือโลก
1b	ที่ระดับ 1b นักเรียนสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เบื้องต้นในชีวิตประจำวัน เพื่อนึกถึงปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบางแง่มุมที่คุ้นเคยหรือง่าย ๆ สามารถออกแบบรูปอย่างง่ายในชุดข้อมูล จำคำศัพท์หรือคำทางวิทยาศาสตร์ได้ สามารถทำการทดลองตามวิธีการที่บอกไว้ชัดเจนได้

จากรายละเอียดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่แสดงไว้ในตาราง จะสังเกตได้ว่าการจัดระดับของ PISA จะเป็นการประเมินความสามารถในภาพรวมที่ครอบคลุมถึงทักษะความรู้ และความเข้าใจในบริบทนั้น ๆ โดยไม่ได้มีการระบุประเด็นแยกย่อยของแต่ละสมรรถนะ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มุ่งประเด็นในการประเมินเพียงสมรรถนะเดียว คือ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การประเมินเป็นไปอย่างตรงจุดมุ่งหมาย และครอบคลุมถึงตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางการประเมินความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามกรอบของ PISA และเกณฑ์การให้คะแนนของข้อสอบในแต่ละรูปแบบมากำหนดระดับสมรรถนะของนักเรียน สำหรับนำไปใช้กับใบ

กิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตาราง 7 แสดงระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน


ระดับ	สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน
ดีมาก	นักเรียนสามารถแสดงถึงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้มากกว่า 4 ตัวบ่งชี้
ดี	นักเรียนสามารถแสดงถึงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ตั้งแต่ 3-4 ตัวบ่งชี้
พอใช้	นักเรียนสามารถแสดงถึงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ตั้งแต่ 1-2 ตัวบ่งชี้
ปรับปรุง	นักเรียนไม่สามารถแสดงถึงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แม้เพียง 1 ตัวบ่งชี้

3. ตัวอย่างข้อสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA

ข้อสอบต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA โดยข้อสอบที่นำมาเป็นตัวอย่างมีทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ ดังนี้

ตัวอย่างข้อสอบที่ 1 สถานการณ์ การอพยพของนก

ข้อสอบข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลการอพยพของนก ที่จัดอยู่ในบริบทระดับโลก เรื่องคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในสถานการณ์กล่าวว่า การอพยพของนกคือการที่นกเคลื่อนย้ายตามฤดูกาลในปริมาณมากเพื่อไปและกลับจากสถานที่ผสมพันธุ์ ทุกปีจะมีอาสาสมัครนับจำนวนนกอพยพตามสถานที่ที่กำหนด นักวิทยาศาสตร์จับนกบางตัวมาติดเครื่องหมายที่มีทั้งวงแหวนและธงสีที่ขา นักวิทยาศาสตร์ใช้การมองเห็นนกที่ถูกติดเครื่องหมายกับการนับจำนวนนกของอาสาสมัครเพื่อกำหนดเส้นทางอพยพของนก จากนั้นใช้คำถามว่า นกอพยพส่วนใหญ่รวมกลุ่มกันอยู่ในบริเวณหนึ่ง แล้วจึงอพยพ เป็นกลุ่มใหญ่มากกว่าที่จะไปเพียงตัวเดียว พฤติกรรมนี้ เป็นผลจากวิวัฒนาการ คำอธิบายใดต่อไปนี้จะใช้อธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุดในเชิงวิวัฒนาการของพฤติกรรมลักษณะนี้ของนกอพยพส่วนใหญ่ จากข้อคำถามนี้นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ด้านเนื้อหา เรื่องสิ่งมีชีวิตเพื่อที่จะสามารถเลือกคำอธิบายที่ถูกต้องที่สุดจากตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก

<p>การอพยพของนก คำถามที่ 1/3</p> <p>จากเรื่อง "การอพยพของนก" หัวขั้วข่าว ได้คิดหนึ่งตัวเลือกเพื่อตอบคำถาม</p> <p>นกอพยพส่วนใหญ่รวมกลุ่มกันอยู่ในบริเวณหนึ่ง แล้วจึงอพยพเป็นกลุ่มใหญ่กว่าที่จะไปเพียงตัวเดียว พฤติกรรมนี้ เป็นผลจากวิวัฒนาการ คำอธิบายต่อไปนี้มีข้ออธิบายทาง วิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุดในเชิงวิวัฒนาการของพฤติกรรมลักษณะ นี้ของนกอพยพส่วนใหญ่</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ นกที่อพยพเพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มเล็ก มีโอกาสน้อย ที่จะมีชีวิตรอดจนมีลูก ○ นกที่อพยพเพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มเล็ก มีโอกาสมาก ที่จะหาอาหารได้อย่างเพียงพอ ○ การบินเป็นกลุ่มใหญ่ทำให้นกปลอดภัยขึ้นเข้าร่วมในการ อพยพได้ ○ การบินเป็นกลุ่มใหญ่ทำให้ทุกตัวมีโอกาสพบสถานที่ทำรังที่ดีกว่า 	<p>การอพยพของนก</p> <p>การอพยพของนกคือการที่นกเคลื่อนย้ายตามฤดูกาลในปริมาณมากเพื่อไปและกลับ จากสถานที่ผสมพันธุ์ ทุกปีจะมีอาสาสมัครนับจำนวนนกอพยพตามสถานที่ที่ กำหนด นักวิทยาศาสตร์จับนกบางตัวมาติด เครื่องหมายที่มีทั้งวงแหวนและธงสีที่ขา นักวิทยาศาสตร์ใช้การมองเห็นที่ถูกต้องเครื่องหมายกับการนับจำนวนของ อาสาสมัครเพื่อกำหนดเส้นทางอพยพของนก</p> 
--	---

ภาพ 2 ข้อสอบสถานการณ์ การอพยพของนก

ตัวอย่างข้อสอบที่ 2 สถานการณ์ สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต

ข้อสอบข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลของสะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต ที่จัดอยู่ในบริบทระดับโลก เรื่องความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถานการณ์ได้กล่าวหาว่า หินในอวกาศที่ผ่านเข้ามายังชั้นบรรยากาศของโลกถูกเรียกว่า สะเก็ดดาว สะเก็ดดาวเกิดความ ร้อนและลุกติดไฟได้เมื่อพวกมันตกลงผ่านชั้นบรรยากาศของโลก สะเก็ดดาวส่วนใหญ่ถูกเผาไหม้หมดก่อนที่จะพุ่งชนพื้นผิวของโลก เมื่อสะเก็ดดาวพุ่งชนโลกสามารถทำให้เกิดหลุมที่เรียกว่า หลุมอุกกาบาต จากนั้นใช้ข้อความถามว่า เมื่อสะเก็ดดาวเข้าใกล้โลกและชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเร็วเพิ่มขึ้น เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ในส่วนของระบบกายภาพเพื่อที่จะสามารถเลือกเหตุผลที่ถูกต้องที่สุดจากตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก

PISA 2015

สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต

คำถามที่ 1/3


จากเรื่อง “สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต” ทางด้านขวา ให้เลือกจากรายการตามที่แสดงเพื่อตอบคำถาม

เมื่อสะเก็ดดาวเข้าใกล้และชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเร็วเพิ่มขึ้น เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- สะเก็ดดาวถูกดึงเข้ามาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก
- สะเก็ดดาวถูกผลักออกโดยแสงของดวงอาทิตย์
- สะเก็ดดาวถูกดึงดูดจากมวลของโลก
- สะเก็ดดาวถูกผลักออกโดยภาวะสูญญากาศใน

สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต

หินในอวกาศที่ผ่านเข้ามาถึงชั้นบรรยากาศของโลกถูกเรียกว่า สะเก็ดดาว สะเก็ดดาวเกิดความร้อนและลุกติดไฟได้เมื่อพวกมันตกลงผ่านชั้นบรรยากาศของโลก สะเก็ดดาวส่วนใหญ่ถูกเผาไหม้หมดก่อนที่จะพุ่งชนพื้นผิวของโลก เมื่อสะเก็ดดาวพุ่งชนโลก สามารถทำให้เกิดหลุมที่เรียกว่า หลุมอุกกาบาต



ตัวอย่างข้อสอบที่ 3 สถานการณ์ สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต

ข้อสอบข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลของสะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต ที่จัดอยู่ในบริบทระดับโลก เรื่องความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถานการณ์ได้กล่าวไว้ว่า หินในอวกาศที่ผ่านเข้ามาถึงชั้นบรรยากาศของโลกถูกเรียกว่า สะเก็ดดาว สะเก็ดดาวเกิดความร้อนและลุกติดไฟได้เมื่อพวกมันตกลงผ่านชั้นบรรยากาศของโลก สะเก็ดดาวส่วนใหญ่ถูกเผาไหม้หมดก่อนที่จะพุ่งชนพื้นผิวของโลก เมื่อสะเก็ดดาวพุ่งชนโลกสามารถทำให้เกิดหลุมที่เรียกว่า หลุมอุกกาบาต ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เหมือนตัวอย่างข้อสอบที่ 2 ใช้รูปแบบการตอบแบบเลือกตอบเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกัน ตรงที่จำนวนข้อของตัวเลือก และรูปแบบของตัวเลือก โดยในข้อนี้จะเป็นการใช้คำถาม 2 ข้อ แต่ละข้อจะมีการจำกัดตัวเลือกน้อยกว่าข้อที่ผ่านมา

ภาพ 4 ข้อสอบสถานการณ์ สะเก็ดดาว และหลุมอุกกาบาต-ข้อ 2

ตัวอย่างข้อสอบที่ 4 สถานการณ์ การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน

ข้อสอบข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลการทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน ที่จัดอยู่ในบริบทระดับท้องถิ่น/ประเทศ เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ โดยในข้อมูลที่ให้มาจะเป็นข้อมูลแผนภาพแสดงการออกแบบการทดลองทำฟาร์มเลี้ยงปลาที่มีบ่อน้ำขนาดใหญ่สามบ่อ น้ำเค็มที่สูบมาจากทะเลจะถูกกรอง ก่อนที่จะไหลจากบ่อหนึ่งไปสู่อีกบ่อหนึ่งจนกระทั่ง ไหลกลับสู่ทะเล จุดมุ่งหมายหลักของฟาร์มเลี้ยงปลา คือ เพื่อเลี้ยงปลาลิ้นหมาให้เจริญเติบโตพอที่จะได้ผลผลิตด้วยวิธีการที่ยั่งยืน ซึ่งมีการให้ข้อมูลในส่วนของสิ่งมีชีวิตที่แต่ละชนิด จากนั้นใช้คำถามว่า นักวิจัยต้องตัดสินใจว่าควรวางสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดลงในบ่อใด ซึ่งรูปแบบของการตอบจะเป็นการเลือกตอบแบบเชิงซ้อน คือมีตัวเลือกมาให้แต่ไม่ได้ระบุข้อความที่ชัดเจนเหมือนกับข้อสอบที่ผ่านมา ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องอ่านข้อมูลที่ให้มาเพื่อสร้างคำอธิบายมาประกอบเป็นเหตุผลในการเลือกของนักเรียน

PISA 2015

การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน
คำถามที่ 1/3

จากข้อมูลข้างล่าง ให้ใช้การลากและวางเพื่อตอบคำถาม

แผนภาพแสดงการออกแบบสำหรับบ่อเลี้ยงปลาที่มีบ่อน้ำขนาดใหญ่สามบ่อ น้ำเค็มที่สูบน้ำจากทะเลจะถูกกรอง ก่อนที่จะไหลจากบ่อหนึ่งไปสู่อีกบ่อหนึ่งจนกระทั่ง ไหลกลับสู่ทะเล จุดมุ่งหมายหลักของฟาร์มเลี้ยงปลา คือ เพื่อเลี้ยงปลาขึ้นมาให้เจริญเติบโตพอที่จะได้ผลผลิตด้วยวิธี การที่ยั่งยืน

- ปลาอินทนา: เป็นปลาที่นำมาเลี้ยงในฟาร์ม กินหนอนทะเลเป็นอาหาร

สิ่งมีชีวิตต่อไปนี้จะนำมาใช้ในฟาร์มเช่นกัน

- สาหร่ายขนาดเล็ก: สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่ต้องการเพียงแสงและสารอาหารในการเติบโต
- หนอนทะเล: สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เติบโตอย่างรวดเร็วจากการกินสาหร่ายขนาดเล็กเป็นอาหาร
- หอย: สิ่งมีชีวิตที่กินสาหร่ายขนาดเล็กและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ ในน้ำ
- หอยที่อยู่ในน้ำ: หอยจะดูดสารอาหารและของเสียจากน้ำ

นักวิจัยต้องตัดสินใจว่าควรวางสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในบ่อใด จงลากและวางสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่อยู่ข้างล่างลงในบ่อน้ำข้างบนอย่างเหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่า ปลาอินทนาจะได้รับอาหาร และน้ำเค็มที่ไหลกลับสู่ทะเลไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยสาหร่ายขนาดเล็กอยู่ในบ่อน้ำที่ถูกกรองแล้ว

www ตัวกรองที่เอามาให้สาหร่ายขนาดเล็กเพียงอย่างเดียวมันได้ตลอดทั้งฟาร์มโดยการใช้การไหลไปกับน้ำ

ภาพ 5 ข้อสอบสถานการณ์ การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน

จากตัวอย่างข้อสอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA พบว่า ข้อสอบมีการใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ไม่จำกัดเฉพาะในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นภายในโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวเรา ชุมชนหรือระดับโลก ส่วนข้อคำถามที่ใช้ใช้นั้นจะเน้นการนำความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้มาใช้ในการตอบคำถาม นอกจากนี้ตัวอย่างของข้อสอบที่นำมาแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของรูปแบบของข้อสอบที่ใช้ แม้จะเป็นข้อสอบที่ใช้บริบท หรือสถานการณ์และเป้าหมายในการประเมินสมรรถนะเดียวกันก็ตาม ดังนั้นการประเมินสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ได้จำกัดแค่เพียงรูปแบบข้อสอบรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง แต่ควรมีใช้รูปแบบที่หลากหลายเพื่อให้สอดคล้องกับบริบท และรูปแบบการคิดของนักเรียน

4. ผลการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ PISA

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) เป็นตัวชี้บอกลถึงความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง จากผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ใน PISA 2006 พบว่า นักเรียนไทยมีจุดอ่อนด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (ซึ่งเรียกใหม่ว่า การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์) นั้นแสดงว่านักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาที่พิสูจน์ได้หรือไม่ได้ในทางวิทยาศาสตร์ แต่ PISA 2015 นักเรียนกลับมีจุดอ่อนอยู่ที่สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยประเทศเล็กน้อย แสดงว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศยังไม่มีจุดเน้นที่คงที่ แต่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ผ่านมา จุดแข็งและจุดอ่อนที่พบในผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ PISA 2015 ซึ่งสามารถสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบระหว่าง PISA 2006 กับ PISA 2015 ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 8 แสดงสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบระหว่าง PISA 2006 กับ PISA 2015 (โครงการ PISA ประเทศไทย, 2561)

ผลการประเมิน สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	จุดแข็ง	จุดอ่อน
PISA 2006	การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์	การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์
PISA 2015	การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบผลการตอบข้อสอบที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ในปี 2012 และ 2015 พบว่าใน PISA 2015 นักเรียนทำข้อสอบได้ในสัดส่วนที่น้อยลงในทุกสมรรถนะ และมีรูปแบบที่เปลี่ยนไปจาก PISA 2012 กล่าวคือ ใน PISA 2012 สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นด้านที่นักเรียนทำ

ข้อสอบได้น้อยที่สุด แต่ใน PISA 2015 กลับเป็นสมรรถนะที่นักเรียนทำได้มากที่สุด ในทางกลับกันด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใน PISA 2012 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนทำได้มากที่สุดแต่ใน PISA 2015 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนทำได้น้อยที่สุด (โครงการ PISA ประเทศไทย, 2561) การที่ผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ออกมาในแต่ละปีมีความแตกต่าง เป็นสิ่งที่น่าสนใจและควรมีการดำเนินการในการศึกษาหาสาเหตุ หรือปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของผลการประเมิน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

1. ความหมายของแบบจำลอง

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับความหมายของแบบจำลอง ไว้ดังนี้

ราตรี ยะคำ (2564) แบบจำลอง คือ สิ่ง que แสดงถึงพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นและสัมผัสได้หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นฟังและเข้าใจ

ฝนทิพย์ รัตนสิทธิกุล (2559) แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของแนวคิด วัตถุประสงค์ เหตุการณ์ และกระบวนการ หรือเป็นตัวแทนที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจแนวคิดง่ายขึ้น

ชาติรี ฝ่ายคำตา (2557) แบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิดคิด กระบวนการหรือระบบ ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

Forbes, Schwarz and Zangori (2557) แบบจำลอง คือ ตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรม เพื่อใช้ในการทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์บางอย่าง

Christina, Schwarz, et al (2009) แบบจำลอง คือ สิ่งที่ทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมีความชัดเจนขึ้น เข้าใจได้ง่ายขึ้น และยังเป็นสิ่งที่นำมาใช้เพื่อสร้างคำอธิบายและการคาดการณ์

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองทาง หมายถึง สิ่งที่ทำให้ข้อมูลหรือแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการทำนาย และอธิบายข้อมูลต่าง ๆ ให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น

2. ประเภทของแบบจำลอง

จากการศึกษาข้อมูลประเภทของแบบจำลอง พบว่ามีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของแบบจำลองได้หลายแบบแตกต่างกัน ดังนี้

Gilbert 2005 (อ้างอิงใน ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557) ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 8 ประเภท โดยอาศัยลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของบุคคล ซึ่งสร้างขึ้นจากสิ่งที่คนคนนั้นได้เรียนรู้จากบริบทรอบ ๆ ตัว ดังนั้นจึงเป็นการยากที่เราจะสามารถเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical model) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

4. แบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) เป็นแบบจำลองที่สร้างมาเพื่อต้องการสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ เพื่อให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ

6. แบบจำลองหลักสูตร (curriculum model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบจำลองที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองของหลักสูตรมากขึ้น

8. แบบจำลองผสม (hybrid model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

Gilbert 2005 (อ้างอิงใน พรรณวิไล ชมจิต, 2552) ได้จำแนกแบบจำลองตามลักษณะการมีส่วนร่วมของบุคคล เป็น 5 ประเภท

1. แบบจำลองทางความคิด (mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของบุคคล ที่สร้างขึ้นจากเหตุผลของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิด เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรู้และเข้าใจ โดยจำแนกออกเป็น 5 ลักษณะ คือ

1.) รูปธรรม (concrete mode) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากวัสดุที่คงทน สร้างเป็นสามมิติเช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก

2.) คำพูด (verbal mode) เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของข้อความรู้ กับ ลักษณะที่แสดงออก เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ กล่าวว่า "พันธะโคเวเลนต์เกิดจาก การที่ธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันในการเกิดพันธะ"

3.) สัญลักษณ์ (symbolic mode) เช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี เป็นต้น

4.) ภาพ (visual mode) เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์

5.) ลักษณะท่าทาง (gesture mode) เป็นการใช้อวัยวะเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการเคลื่อนที่ (ไหล) ของไอออนโดยให้นักเรียนเดินไปตามช่องที่กำหนด เป็นต้น

3. แบบจำลองมติกกลุ่ม (consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษา

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical model) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

Boulter and Buckley 2000 (อ้างอิงใน ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ได้มีการแบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทตามลักษณะการแสดงออกของแบบจำลอง ดังนี้

1. รูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองที่สามารถสัมผัสได้สร้างเป็นสามมิติ ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะเหมือนกับเป้าหมายแต่มีสัดส่วนเล็กกว่าจะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า scale model เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก แต่ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะและสัดส่วนไม่เหมือนเป้าหมายแต่มีหน้าที่การทำงานที่สามารถอธิบายเป้าหมายได้ เรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า functional model เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น

2. คำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำพูดหรือคำอธิบายในการบรรยายข้อความรู้ต่าง ๆ กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำพูดในการอธิบายการทำงานของเซลล์เหมือนกับโรงงาน เป็นต้น

3. คณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สัญลักษณ์หรือสมการคณิตศาสตร์

4. ภาพ (Visual or diagrammatic models) เป็นแบบจำลองที่สามารถมองเห็นได้ในสองมิติ เช่น กราฟ แผนภาพ รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

5. ลักษณะท่าทาง (Gestural models) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของร่างกาย เพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเดินขึ้นบันไดของนักเรียนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

จากข้อมูลประเภทของแบบจำลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าประเภทหรือรูปแบบของแบบจำลองนั้นมีหลายประเภทด้วยกัน โดยขึ้นอยู่กับวิธีการนำไปใช้ รูปแบบที่ต้องการสื่อออกมา หรือ แม้แต่จุดประสงค์ของการศึกษา โดยในงานวิจัยนี้จะเน้นการใช้แบบจำลองภาพ 2 มิติ เนื่องจากจุดประสงค์หลักในการศึกษาคือการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้ออกมาในลักษณะเชิงรูปธรรม เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุ ลักษณะการชนของวัตถุ ซึ่งการใช้แบบจำลองภาพ 2 มิติ จะเป็นสิ่งที่ทำให้เห็นถึงความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทของเนื้อหาได้ดีที่สุด

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ไว้หลายแบบ ดังนี้

ผนทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล (2559) ได้นำแนวคิดของ Justi and Gilbert (2002) และชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) มาปรับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ได้ออกมาเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (produce mental model) นักเรียน จะถูกกระตุ้นให้สร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อแสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้คำถามหรือสถานการณ์ ในการกระตุ้นนักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (express model) นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกันจากนั้นจัดกระทำข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของข้อความแนวคิด หรือ สัญลักษณ์รูปภาพ เป็นต้น

3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง (test model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดสอบและอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. **ขั้นประเมินแบบจำลอง (evaluate model)** นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมเพียงใด หากนักเรียนพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ นักเรียนสามารถปรับปรุง/แก้ไขแบบจำลองของนักเรียนได้ โดยให้นักเรียนและเพื่อนประเมินแบบจำลองร่วมกัน เพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง ในขณะที่ทำการประเมินแบบจำลองนักเรียนจะถูกฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสรุปและหลักฐาน ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการตรวจสอบหรือทดลองในขั้นทดสอบแบบจำลองมาประเมินร่วมกันสร้างเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องเหมาะสมและมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5. **ขั้นขยายแบบจำลอง (elaborate model)** นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การสร้างแบบจำลอง (Generating model)** เป็นขั้นที่ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดเดิมของตนเองผ่านการสร้างแบบจำลองทางความคิด ครูจะทำการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เพื่อประเมินว่าครูจะสามารถเพิ่มพูนและส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอย่างไร

2. **การประเมินและดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model)** เป็นขั้นที่นักเรียนจะทำการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินแบบจำลองของตนเอง

3. **การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)** เป็นการให้นักเรียนทำการดัดแปลง แก้ไข แบบจำลองของตนเองจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถนำไปใช้ในการอธิบายข้อมูลได้

4. **การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)** เป็นขั้นที่นักเรียนจะนำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแล้วมาอธิบายปรากฏการณ์ และทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce mental model)** เป็นการสำรวจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษา จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

2. **ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (Express model)** นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้อื่นรับรู้ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ คำพูด สัญลักษณ์ หรือการเปรียบเทียบ เป็นต้น โดยการอภิปราย การตอบคำถามหรือการวาดภาพ ซึ่งแบบจำลองที่นักเรียนนำเสนออาจเป็นแบบจำลองของกลุ่มหรือแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นของตนเอง

3. **ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate model)** นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออกแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาและนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองเพื่อดูว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้หรือไม่ซึ่งนักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองนั้นอาจถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่หรือถ้าพบว่าสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น ซึ่งในขั้นนี้ครูต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

4. **ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborate model)** หลังจากนักเรียนประเมินแบบจำลองแล้วนักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Schwarz, et al. (2009) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นการเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena)** ครูใช้คำถามหรือปรากฏการณ์ โดยปรากฏการณ์ที่ใช้จะต้องสามารถนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง

2. **ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model)** นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ก่อนหน้านี้

3. **ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model)** ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่อนำมาตรวจสอบกับแบบจำลองของตนเอง

4. **ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model)** ตรวจสอบว่าแบบจำลองตนเองสอดคล้องกับข้อมูลที่หามาหรือไม่ อย่างไร ประเมินและทำการปรับปรุงแก้ไข

5. **ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas)** เป็นการนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่น ๆ

6. **ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model)** นำแบบจำลองกลับมาแก้ไข และเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับคนอื่น ๆ

7. ขั้นการใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ (Use the model to predict or explain) นำแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วไปใช้ในการทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏการณ์เดิม

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ฟันทิพย์ ธนชัยสิทธิกุล (2559)	ชาติรี ฝ้ายคำตา (2557)	ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556)	Schwarz, et al. (2009)
กำหนดขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้	กำหนดขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้	กำหนดขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้	กำหนดขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้
1.ขั้นสร้างแบบจำลอง ทางความคิด	1.การสร้าง แบบจำลอง	1.ขั้นสร้างแบบจำลอง ทาง	1.การเข้าถึง ปรากฏการณ์
2.ขั้นแสดงออก แบบจำลอง	2.การประเมินและ ดัดแปลง	2.ขั้นแสดงออก ความคิด	2.ขั้นสร้างแบบจำลอง
3.ขั้นทดสอบแบบจำลอง	แบบจำลอง	2.ขั้นแสดงออก แบบจำลอง	3.ขั้นสำรวจและ ตรวจสอบเชิงประจักษ์
4.ขั้นประเมิน แบบจำลอง	3.การดัดแปลงแก้ไข แบบจำลอง	3.ขั้นประเมิน แบบจำลอง	4.ขั้นประเมิน แบบจำลอง
5.ขั้นขยายแบบจำลอง	4.การขยาย แบบจำลอง	4.ขั้นขยายแบบจำลอง	5.ขั้นประเมิน แบบจำลองด้วย แนวคิดอื่น ๆ
			6.ขั้นปรับปรุงและ แก้ไขแบบจำลอง
			7.ขั้นใช้แบบจำลอง ทำนายและอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นมีการกำหนดขั้นตอนไว้หลายรูปแบบที่ต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของผู้เรียน ความสะดวกและความ

เหมาะสมของการนำไปใช้ ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแบบของ Schwarz, et al. (2009) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีกระบวนการขั้นตอนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการใช้ปรากฏการณ์ รวมถึงมีการทำนาย และอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ซึ่งลักษณะสำคัญเหล่านี้สอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน

4. ความหมายของเกมมิฟิเคชัน

เกมมิฟิเคชันเป็นแนวคิดหนึ่งที่ได้มีการนำเข้ามาสู่กระบวนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของเกมมิฟิเคชัน ดังนี้

Indula Mishra (2562) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การสร้างสภาพแวดล้อม และบริบทที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของเกม เพื่อสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของนักเรียน

นครินทร์ สุกใส (2561) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การนำแนวคิด รูปแบบ กลไก ของเกมมาประยุกต์ใช้ทำให้เกิดการเ้าความสนใจ สนุกสนาน ส่งเสริมการเรียนรู้ การแก้ปัญหา และทำให้เกิดความผูกพันกับการทำกิจกรรม

Cook and Mark-Herber (2017) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การนำกระบวนการของเกมไปใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกม

ปริพัศ ศรีสมบุญ (2559 อ้างอิงใน อัครพล พูลสวัสดิ์ 2561, หน้า 9) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน เป็นการใช้นวัตกรรม กลไกต่าง ๆ องค์ประกอบสำคัญในเกมมาใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่ไม่ใช่เกมเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความสนุก ความน่าสนใจ การมีใจจดจ่อ และความรู้สึผูกพัน เพื่อให้เกิดการพัฒนาพฤติกรรม และพัฒนาทักษะของผู้ใช้ให้เป็นไปตามที่ต้องการ

ชนัดดา พูนเดช และธนิดา เลิศพรกุลรัตน์ (2559) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การนำเอาหลักการพื้นฐานในการออกแบบเกม กลไกการเล่นเกม มาใช้ในบริบทอื่นที่ไม่ใช่การเล่นเกม

Nah (2014) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชันคือ การใช้องค์ประกอบ และการออกแบบของเกมมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่ไม่ใช่เกมและในบริบทต่าง ๆ รวมทั้งการศึกษา

Kapp (2012) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การใช้กลไกของเกม สุนทรียศาสตร์ และการคิดแบบเกม เพื่อดึงดูดผู้คน กระตุ้นการดำเนินการ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และแก้ปัญหา

จากความหมายทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า เกมมิฟิเคชัน คือ การนำรูปแบบหรือองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์เข้าไปในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง เพื่อใช้ในการสร้างแรงจูงใจ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งไม่ใช่การนำเกมหรือการใช้เกมใดเกมหนึ่ง

5. องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน

ในการจัดการเรียนรู้รูปแบบของเกมมิฟิเคชันมาใช้นั้น เราจำเป็นที่จะต้องศึกษา และทำความเข้าใจในส่วนองค์ประกอบพื้นฐานของเกมมิฟิเคชัน เพื่อที่จะสามารถนำแนวคิดนี้ไปใช้ ประยุกต์ หรือบูรณาการร่วมกับรูปแบบการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักวิชาการ และนักการศึกษา หลายท่านได้เสนอองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน ไว้ดังนี้

นายนครินทร์ สุขใส (2561) สังเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานของเกมมิฟิเคชัน เพื่อ กำหนดองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันไว้ทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ดังนี้

1. คะแนน (Point)
2. เหรียญตรา (Badges)
3. ระดับชั้น (Level)
4. กระดานจัดอันดับ
5. รางวัล (Reward)
6. กฎ/กติกา (Rules)
7. เวลา (Timer)
8. ผลป้อนกลับ (Feedback)

Nah (2014) ได้ทำการสังเคราะห์ เพื่อกำหนดองค์ประกอบของเกมไว้ทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ดังนี้

1. คะแนน (Points) ระบบคะแนนทำหน้าที่เป็นตัววัดความสำเร็จหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนก้าวไปสู่ความสำเร็จได้สามารถใช้เป็นรางวัล
2. ระดับ (Levels/Stages) ระบบระดับถูกใช้ เพื่อให้นักเรียนรู้สึกถึงความก้าวหน้าในเกม โดยที่ในระดับเริ่มต้นมักจะเป็นระดับที่ต้องใช้ความพยายามน้อยกว่าและบรรลุได้เร็วกว่า ในขณะที่ระดับขั้นสูงต้องการความพยายามและทักษะมากกว่า
3. เหรียญแสดงความสำเร็จ (Badges) เป็นเครื่องหมายแสดงความความสำเร็จของงานในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน เพื่อรักษาแรงจูงใจ และสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนในการทำงานไปสู่เป้าหมายในอนาคต
4. กระดานผู้นำ (Leaderboards) กระดานผู้นำเป็นสิ่งที่แสดงระดับปัจจุบันของผู้ทำคะแนนสูงและคะแนนโดยรวม ใช้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการแข่งขันในหมู่นักเรียน และเพื่อสร้างแรงจูงใจในการไปสู่เป้าหมาย
5. รางวัลและของรางวัล (Prizes and Rewards) รางวัลเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อแรงจูงใจของนักเรียน รางวัลอาจเป็นสิ่งของ หรือเป็นการอัปเกรดตัวละคร โดยที่การให้รางวัลเล็ก ๆ หลายรางวัล จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้รางวัลใหญ่เพียงรางวัลเดียว

6. แถบความคืบหน้า (Progress bars) แถบความคืบหน้าจะใช้เพื่อติดตามและแสดงความคืบหน้าของเป้าหมายโดยรวม ในเกมการศึกษาแถบความคืบหน้าถูกใช้เป็นกลไกการแสดงผลเพื่อสร้างแรงจูงใจของนักเรียนที่ใกล้จะบรรลุเป้าหมาย หรือเป็นการสร้างแรงกระตุ้นให้นักเรียนที่ล่าช้าในการไปสู่เป้าหมาย

7. เรื่องราวที่นำมาใช้ (Storyline) เรื่องที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้ ต้องเป็นเรื่องที่น่าสนใจ จะต้องสามารถดึงดูดนักเรียนตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นไปจนถึงกระบวนการสุดท้าย

8. ข้อเสนอแนะ (Feedback) ข้อเสนอแนะเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับประสิทธิภาพและการมีส่วนร่วมของนักเรียนต่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน

วรวิสุทธิ ภิญโญยาง (2556. อ้างอิงใน นายนครินทร์ สุกใส 2561) ได้เสนอกฎของเกมที่เป็นองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันไว้ดังนี้

1. คะแนนสะสม (Point) เป็นผลที่เกิดจากสะสมแต้มคะแนนที่มาจากเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เป็นเครื่องมือใช้วัดความสำเร็จจากการทำงานได้
2. เหรียญตรา (Badges) เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถพิเศษบางอย่าง เป็นสิ่งที่จะได้รับก็ต่อเมื่อปฏิบัติกิจกรรมอย่างอย่างที่กำหนดไว้จนสำเร็จ
3. ระดับชั้น (Level) เป็นการกำหนดให้ผู้เล่นต้องใช้ความพยายามในการเอาชนะหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ เนื่องจากเกมจะมีระดับความยากเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หากสามารถเอาชนะได้ก็จะเกิดความภาคภูมิใจ
4. ตารางอันดับ (Leaderboard) เป็นการแสดงอันดับผู้เข้าแข่งขันจากการสะสมแต้มคะแนนในช่วงระยะใดระยะหนึ่ง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เล่นเกิดแรงขับในการแข่งขันกับผู้อื่นภายในเกม
5. ความท้าทาย (Challenges) เป็นภารกิจที่ยากเกินที่จะทำคนเดียว ดังนั้นผู้เล่นต้องหาวิธีการหรือผู้ช่วยเพื่อในการทำภารกิจ

Kapp et al. (2014) ได้เสนอว่าองค์ประกอบในเกม ต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. เป้าหมาย (Goals) เกมแต่ละชนิดมีวิธีการเล่นที่แตกต่างกัน สิ่งที่มีในทุกเกมคือเป้าหมายของการเล่นเกม อาจจะเป็นการกำหนดถึงการเอาชนะ สามารถแก้ปัญหา หรือผ่านเกณฑ์ที่ผู้ออกแบบเกมกำหนดไว้ ทำให้เกิดความท้าทายที่ช่วยให้ ผู้เล่นก้าวไปข้างหน้าเมื่อบรรลุเป้าหมายจึงจะเป็นการจบเกม ซึ่งในบางครั้งอาจมีการกำหนดเป้าหมายย่อย ๆ ไว้ก่อนไปสู่เป้าหมายหลัก

2. กฎกติกา (Rules) เกมจะต้องมีการบอกถึง กฎ กติกา วิธีการเล่น วิธีการให้คะแนน หรือเงื่อนไข โดยอธิบายไว้เพื่อให้ผู้เล่นปฏิบัติตาม ผู้ออกแบบเกมจะต้องเป็นผู้กำหนดกติกาต่าง ๆ ให้ชัดเจน

3. ความขัดแย้ง การแข่งขัน หรือความร่วมมือ (Conflict, Competition, or Cooperation) ในการเล่นเกมที่มีความขัดแย้งเป็นการเอาชนะโดยการทำลายหรือขัดขวางฝ่ายตรง

ข้าม แต่การแข่งขันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของตนเองเพื่อเอาชนะฝ่ายตรงข้าม ส่วนความร่วมมือเป็นการร่วมกันเป็นทีมเพื่อเอาชนะอุปสรรค และบรรลุเป้าหมายที่มีร่วมกัน

4. เวลา (Timer) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดแรงผลักดันในการทำกิจกรรมหรือการดำเนินการ เป็นตัวจับเวลาที่อาจจะทำให้ผู้เล่นเกิดความเครียดและความกดดัน ทำให้เป็นการฝึกฝนให้นักเรียนทำงานสัมพันธ์กับเวลาดังนั้นนักเรียนจะต้องเรียนรู้การจัดการจัดสรรบริหารเวลาซึ่งเป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญ

5. รางวัล (Reward) เป็นสิ่งที่ผู้เล่นจะได้รับเมื่อประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ซึ่งควรมีกระดานจัดอันดับ (Leaderboard) การให้รางวัลเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อเป็นการจูงใจให้ผู้เล่นแข่งขันกันทำคะแนนสูง

6. ผลป้อนกลับ (Feedback) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความคิด การกระทำที่ถูกต้องหรือการกระทำที่ผิดพลาด เพื่อแนะนำไปในทางที่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรม

7. ระดับ (Levels) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความท้าทายต่อเนื่อง โดยผู้เล่นจะมีความคืบหน้าไปยังระดับที่สูงขึ้น เพื่อให้เกิดเป้าหมาย (Goals) ใหม่ ผู้เล่นจะได้รับ ความกดดันมากขึ้น ทำให้มีการใช้ประสบการณ์ ทักษะ จากระดับก่อนหน้าไปจนจบเกม บางครั้งระดับไม่จำเป็นต้องเริ่มจากรดับที่ 1 เสมอไป อาจจะมีการเลือกระดับ ง่าย ปานกลาง หรือยาก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นเกม หรือบางครั้งระดับอาจอยู่ในลักษณะของตัวผู้เล่นเอง โดยใช้การเก็บประสบการณ์ที่มากขึ้น เมื่อเก็บประสบการณ์ถึงจุดหนึ่ง จะเป็นการเลื่อนระดับประสบการณ์ที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการเล่นเกม

ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบจำนวน และลักษณะรูปแบบองค์ประกอบของเกมตามแนวคิดของเกมมิฟิเคชั่น

นายนครินทร์ สุกใส 2561	Kapp et al. (2014)	Nah (2014)	วรวิสุทธิ์ ภิญโญยาง 2556
แบ่งองค์ประกอบของ เกมออกเป็น 8	แบ่งองค์ประกอบ ของเกมออกเป็น 7	แบ่งองค์ประกอบของ เกมออกเป็น 8	แบ่งองค์ประกอบ ของเกมออกเป็น 5
องค์ประกอบ ได้แก่	องค์ประกอบได้แก่	องค์ประกอบได้แก่	องค์ประกอบได้แก่
1.คะแนน (Point)	1.เป้าหมาย (Goals)	1.คะแนน (Points)	1.คะแนนสะสม (Point)
2.เหรียญตรา (Badges)	2.กฎกติกา (Rules)	2.ระดับ (Levels/ Stages)	2.เหรียญตรา (Badges)
3.ระดับขั้น (Level)	3.ความขัดแย้ง การ แข่งขัน หรือ	3.เหรียญแสดง	

นายนครินทร์ สุกใส 2561	Kapp et al. (2014)	Nah (2014)	วรวิสุทธิ์ ภิญโญยาง 2556
4.กระดานจัดอันดับ	ความร่วมมือ	ความสำเร็จ (Badges)	3.ระดับชั้น (Level)
5.รางวัล (Reward)	(Conflict,	4.กระดานผู้นำ	4.ตารางอันดับ
6.กฎ/กติกา (Rules)	Competition, or	(Leaderboards)	(Leaderboard)
7.เวลา (Timer)	Cooperation)	5.รางวัลและของรางวัล	5.ความท้าทาย
8.ผลป้อนกลับ (Feedback)	4.เวลา (Timer)	(Prizes and Rewards)	(Challenges)
	5.รางวัล (Reward)	6.แถบความคืบหน้า	
	6. ผลป้อนกลับ (Feedback)	(Progress bars)	
	7. ระดับ (Levels)	7.เรื่องราวที่นำมาใช้ (Storyline)	
		8.ข้อเสนอแนะ (Feedback)	

จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบที่จะนำมาใช้ในเกมมิฟิเคชันนั้นมีหลากหลายรูปแบบ โดยการเลือกองค์ประกอบจะต้องคำนึงถึงบริบทของเนื้อหา บริบทของนักเรียน และความเป็นไปได้ที่สามารถใช้องค์ประกอบนั้น ๆ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ประกอบเกมมิฟิเคชันตามแนวคิดของ Nah (2014) ที่ได้มีการแบ่งองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันไว้ 8 องค์ประกอบ การที่เลือกใช้อุปกรณ์ประกอบนี้เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวมีความกระชับ คลอบคลุม เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน บริบทนักเรียน และเนื้อหา เรื่องโมเมนตัมและการชน

6. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันนั้นมีนักวิชาการศึกษา และนักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางไว้หลายรูปแบบ ดังนี้

Huang and Soman (2013) และ Cook and Mark-Herbert (2017) ได้กล่าวถึงแนวทางการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจลักษณะ และบริบทของนักเรียนเป้าหมาย รวมถึงบริบทที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่จะสอน นั่นก็คือต้องรู้ว่าใครคือกลุ่มเป้าหมาย มีการศึกษาคุณลักษณะต่าง ๆ ของกลุ่มนักเรียนเช่น ช่วงอายุ ความสามารถในการเรียนรู้ ทักษะพื้นฐานที่มีในปัจจุบัน เป็นต้น

นอกจากนั้นควรศึกษาถึงบริบทต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ด้วย เช่น ขนาดของกลุ่มนักเรียน เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้ ระยะเวลา เป็นต้น

2. การกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ โดยกำหนดจุดหมายปลายทางที่ผู้สอนต้องการให้นักเรียนไปถึง เช่น ผ่านการทดสอบ สามารถแก้ปัญหาที่กำหนดได้ หรือเกิดทักษะใด ๆ เป็นต้น

3. จัดโครงสร้างของประสบการณ์เรียนรู้ โดยมีการกำหนดลำดับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยพิจารณาความยากง่าย และลำดับของเนื้อหา

4. กำหนด/ระบุทรัพยากรที่ต้องใช้ โดยคำนึงถึงแหล่งทรัพยากรที่มีอยู่ในปัจจุบัน และทรัพยากรที่จำเป็นต้องจัดหาเพิ่มเติมสำหรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งพิจารณาถึงงบประมาณที่จำเป็นต้องใช้

5. การใช้องค์ประกอบเกมมิฟิเคชัน โดยพิจารณาถึงการนำกลไกของเกมมิฟิเคชัน มาปรับใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกลไกของเกมมิฟิเคชันอาจจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตนเอง (self-elements) เช่น แต้มสะสม ระดับขั้น เหรียญรางวัล สินค้าเสมือนจริง และ 2) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับผู้อื่น (social-elements) เช่น กระดานผู้นำ การแข่งขันกัน การร่วมกันทำกิจกรรม การแบ่งปันข้อมูลส่วนตัว

7. ข้อดี และข้อจำกัดของการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้

ข้อดีของการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้

Mposula (2020) กล่าวว่า รูปแบบของเกมมิฟิเคชันสามารถสร้างผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดีกว่าการใช้เกมใดเกมหนึ่ง

เบญจภาคี จงหมื่นไวย (2562) กล่าวถึงข้อดีในการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้ ดังนี้

1. สามารถประยุกต์ใช้เข้ากับการเรียนการสอนทุกระดับและผู้เรียนให้ความสำคัญและทุ่มเทกับรายวิชาที่มีการประยุกต์ใช้ระบบเกมมิฟิเคชัน
2. สามารถยกระดับการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. การออกแบบสภาพแวดล้อมของเกมมีผลต่อสภาพและการเสาะหาของผู้เรียน ส่งผลต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน
4. เกมสามารถกระตุ้นเร้าความสนใจให้กับผู้เรียนและสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

5. การมีส่วนร่วมและศักยภาพในการแก้ปัญหาของผู้เรียนเป็นผลสำคัญที่เกิดจากธรรมชาติและการออกแบบเกม

จิรัชพรรณ ชาญช่วง (2560) กล่าวว่า การใช้เกมมิฟิเคชันในการเรียนรู้มีผลดีต่อนักเรียน สามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ความคงทนในการเรียนรู้ และช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

ข้อจำกัดของการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้

เบญจภาค จงหมื่นไวย (2562) กล่าวถึงข้อจำกัดในการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้ ดังนี้

1. การจัดสรรเวลาและความรับผิดชอบต่อหน้าที่ในแต่ละช่วงวัย เกิดจากการถูกเกมเข้าครอบครอง
2. การสร้างแรงจูงใจเพื่อให้เด็กเล่นเกมด้วยตนเอง เสริมทักษะในการควบคุมตนเองให้มากขึ้น จากการจัดสภาพแวดล้อมที่ปราศจากสิ่งจูงใจ
3. การขาดความรับผิดชอบต่อสังคม ต้องควบคุมตนเองในระเบียบวินัยและการรักษาเวลา สร้างความภูมิใจในตนเองด้วยการค้นหาความถนัด
4. วิธีการสอนแบบเกมมิฟิเคชันเป็นการสอนที่ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจและการเตรียมการ ผู้สอนต้องมีทักษะในการพัฒนาสูงส่งผลต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน

Huang and Soman (2557) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการนำเกมมิฟิเคชันไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ว่า การใช้กลยุทธ์การเล่นเกมนำรูปแบบการสอนมักจะช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพแต่อย่างไรก็ตาม ไม่ได้หมายความว่าเราจะนำรูปแบบการเล่นเกมนำมาแทนที่รูปแบบการสอน ครูผู้สอนจะต้องระมัดระวังที่จะไม่พึ่งพาแรงจูงใจภายนอกในเกมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียน เนื่องจากนิสัยที่สร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการที่โครงสร้างประกอบของเกม อาจไม่คงอยู่เมื่อรางวัลภายนอกหมดไป และสุดท้าย ครูผู้สอนต้องไม่เพิกเฉยต่อความสำคัญของการสอนของมนุษย์ เพราะอย่างที่ Ben Leong กล่าว “การสอนเป็นกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์”

8. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

จากการศึกษาข้อมูลของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเกมมิฟิเคชัน ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เนื่องจาก เกมมิฟิเคชันเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงองค์ประกอบของเกมจะเป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตามแนวคิดของ Schwarz, et al.(2009) เพื่อนำมาเป็นขั้นตอนหลักในการดำเนินกิจกรรม โดยมีการนำองค์ประกอบของเกมตามแนวคิดของ Nah (2014) เข้ามาอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบมีทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ได้แก่ คะแนน ระดับ เหรียญแสดงความสำเร็จ กระดานผู้นำ รางวัลและของรางวัล แลกความคืบหน้า เรื่องราวที่นำมาใช้ และข้อเสนอแนะ โดยตลอดกระบวนการจะมีการลำดับระดับความยากง่ายตามขั้นตอนของกิจกรรม และมีการแสดงผลความก้าวหน้าของนักเรียนผ่านกระดานผู้นำ และแลกความคืบหน้าในทุกครั้งเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมในแต่ละขั้น รูปแบบการเรียนรู้นี้จะนำไปใช้สำหรับการสอนในเรื่องโมเมนตัม และการชน รายวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้น ดังนี้

1. การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) นักเรียนในห้องเรียนศึกษาปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนจากนั้นร่วมกันอภิปรายแสดงความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสถานการณ์นั้นออกมา โดยมีการใช้ “เหรียญนักพูด” เป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของด้านนี้

2. ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) นักเรียนสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลอง 2 มิติ ขั้นแรกโดยอาศัยความรู้ที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคะแนนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจะเป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของด้านนี้

3. ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model) นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์จากขั้นที่ 1 เพื่อรวบรวม และสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่ และนำมาใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน หรือความเข้าใจที่คิดไว้ก่อนหน้านี้ นักเรียนที่ไม่ปฏิบัติกิจกรรมจะถูกลดคะแนน และระดับบนกระดานผู้นำ

4. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) นักเรียนทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ตนเองได้ศึกษามากับแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองกับปรากฏการณ์ ถ้าไม่สอดคล้องต้องทำการแก้ไข โดยจะต้องสามารถระบุสาเหตุ หรือหาคำอธิบายมาประกอบเหตุผลการแก้ไข เพื่อเป็นกุญแจในการผ่านไปสู่ด่านถัดไป

5. ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas) นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีหรือกฎ อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เรียนอยู่ เพื่อทำการสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์

6. ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) นักเรียนทำการแก้ไขปรับเปลี่ยนแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ โดยจะต้องสามารถระบุคำอธิบายหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสนับสนุนแบบจำลองขั้นนี้ได้จึงจะมีคะแนนที่สามารถเป็นนำไปสู่ด่านถัดไป

7. ชั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ (Use the model to predict or explain) แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามการสุ่มจับสลาก จากนั้นให้นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่คิดว่าสมบูรณ์ที่สุดมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามที่กลุ่มตนเองได้รับ กลุ่มไหนสามารถทำภารกิจสำเร็จก่อนเป็นกลุ่มแรกจะได้รับ “มงกุฎผู้ชนะ”

ตาราง 11 แสดงการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน	องค์ประกอบของเกม	ตัวบ่งชี้สมรรถนะ
1. การเข้าถึงปรากฏการณ์นักเรียนในห้องเรียนศึกษาปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน จากนั้นร่วมกันอภิปรายแสดงความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสถานการณ์นั้นออกมา โดยใช้ “เหรียญนักพูด” เป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของดำเนิน	- ระดับ - เหรียญแสดงความสำเร็จ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แลกความลับหน้า - เรื่องราวที่นำมาใช้	- นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
2. ชั้นสร้างแบบจำลองนักเรียนสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลอง 2 มิติ ขึ้นแรกโดยอาศัยความรู้ที่เกิดขึ้นในชั้นที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคะแนนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจะเป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของดำเนิน	- คะแนน - ระดับ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แลกความลับหน้า	- นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล - ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

ขั้นตอน	องค์ประกอบของเกม	ตัวบ่งชี้สมรรถนะ
3. ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิง ประจักษ์ นักเรียนศึกษา ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ปรากฏการณ์จากชั้นที่ 1 เพื่อ รวบรวม และสังเคราะห์เป็น องค์ความรู้ใหม่ และนำมาใช้ ในการตรวจสอบสมมติฐาน หรือความเข้าใจที่คิดไว้ก่อน หน้านี้ นักเรียนที่ไม่ปฏิบัติ กิจกรรมจะถูกลดคะแนน และ ระดับบนกระดานผู้นำ	- คะแนน - ระดับ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แลกความคืบหน้า	- นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มา ใช้สร้างคำอธิบายที่ สมเหตุสมผล
4. ขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนทำการเปรียบเทียบ ข้อมูลที่ตนเองได้ศึกษามากับ แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น เพื่อประเมินความสอดคล้อง ของแบบจำลองกับ ปรากฏการณ์ ถ้าไม่สอดคล้อง ต้องทำการแก้ไข โดยจะต้อง สามารถระบุสาเหตุ หรือหา คำอธิบายมาประกอบเหตุผล ของการแก้ไข เพื่อเป็นกุญแจ ในการผ่านไปสู่อันดับต่อไป	- ระดับ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แลกความคืบหน้า	- เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการ อธิบาย
5. ขั้นประเมินแบบจำลองด้วย แนวคิดอื่น ๆ นักเรียนศึกษา ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีหรือกฎ อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับ ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ ที่เรียนอยู่ เพื่อทำการสรุปองค์	- ระดับ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แลกความคืบหน้า	- นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มา ใช้สร้างคำอธิบายที่ สมเหตุสมผล

ขั้นตอน	องค์ประกอบของเกม	ตัวบ่งชี้สมรรถนะ
ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์		
6.ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนทำการแก้ไข ปรับเปลี่ยนแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ โดยจะต้องสามารถระบุคำอธิบายหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสนับสนุนแบบจำลองขั้นนี้ได้จึงจะมีคะแนนที่สามารถเป็นนำไปสู่ด้านถัดไป	<ul style="list-style-type: none"> - ระดับ - เหริยญแสดงความสำเร็จ - กระดานผู้นำ - รางวัลและของรางวัล - แถบความคืบหน้า 	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล - ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
7.ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม จากนั้นให้นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุดมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ กลุ่มไหนสามารถทำภารกิจสำเร็จก่อนเป็นกลุ่มแรกจะได้รับ “มงกุฎผู้ชนะ”	<ul style="list-style-type: none"> - ระดับ - เหริยญแสดงความสำเร็จ - กระดานผู้นำ - แถบความคืบหน้า - ข้อเสนอแนะ 	<ul style="list-style-type: none"> - พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล - อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

จุฑามาศ กันทะวัง (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และศึกษา

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2562 โรงเรียนชลราษฎรบำรุง จำนวน 45 คน ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีการเป็นวงจรจำนวน 3 วงจร 1 วงจรมีดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ต่อเนื่องกัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยายในรูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และค่าขนาดของผล ผลการวิจัยพบว่า 1.) นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) สูงกว่าก่อนเรียน 2.) นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) สูงกว่าก่อนเรียน 3.) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมาก

จาดรนต์ หนุนนาค (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนเรียนรู้แบบทำนายสังเกต อธิบาย ที่มีต่อสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ 1.) เปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย 2.) เปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร หลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3.) เปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ภายหลังจากการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่องสารและสมบัติของสาร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอุตรดิตถ์ จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน และตรวจสอบสมมติฐานโดยการตรวจสอบค่าที (t-test dependent) โดยใช้โปรแกรมตรวจสอบสมมติฐาน SPSS ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ที่มีต่อสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีระดับ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05

ราตรี ยะคำ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และผลิตภัณฑ์ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ มีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 24 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา โดยนำผลสะท้อนในแต่ละวงรอบมาทำการวิเคราะห์และปรับปรุงขั้นตอนต่าง ๆ จนกระทั่งได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนได้ และสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า 1.) นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้นภายหลังทำการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 วงรอบ 2.) รูปแบบของแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนนั้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้แสดงความคิดเห็น การอภิปราย การโต้แย้งร่วมกัน และให้ความช่วยเหลือในรูปแบบต่าง ๆ แนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังจะเห็นได้จากร้อยละคะแนนของสมรรถนะหลังเรียน (66.27%) สูงกว่าก่อนเรียน (16.85%) และการพัฒนาสมรรถนะในวงจรที่ 1 2 และ 3 เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ

นายศุภกร ธีรมงคลจิต (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1.) วิเคราะห์และเปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันของนักเรียนกลุ่มทดลอง และ 2) วิเคราะห์และเปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันของกลุ่มทดลองและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์แบบปกติของกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียน

สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม จำนวน 66 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบวัดแรงจูงใจในการเรียน แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันและ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์แบบปกติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานและสถิติทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1.) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันมีแรงจูงใจในการเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการ ทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันมีแรงจูงใจในการเรียนหลังการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Alebus (2021) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการสร้างสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ด้วยการ ใช้เกมมิฟิเคชันที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพในการสร้างสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันที่มีผลแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้เรียนรู้ผ่านสภาพแวดล้อมแบบเกมมิฟิเคชัน ผู้เข้าร่วมการศึกษา คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ใน จอร์แดน จำนวน 44 คน โดยถูกแบ่ง ออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดสอบแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบปรนัย และแบบวัดระดับทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ รูปแบบการศึกษา คือให้ นักเรียนในกลุ่มควบคุมเรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมปกติ ส่วนนักเรียนกลุ่มทดลองจะได้เรียนใน สภาพแวดล้อมทางการศึกษาตามกลยุทธ์ gamification ผ่านแพลตฟอร์ม Microsoft Teams ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมทางการศึกษาตามกลยุทธ์ gamification ผ่าน แพลตฟอร์ม Microsoft Teams สามารถเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ ไปในทิศทางที่ดีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความสำคัญ ($\alpha=0.05$) ผลจากการศึกษาแนะนำให้นักกลยุทธ์ gamification มาใช้ในสภาพแวดล้อมทางการศึกษาในการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับทุกระดับ การศึกษา

Ogundeji , et al. (2019) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์และการพัฒนาแนวคิดความเข้าใจโน้ตส์เกี่ยวกับฟิสิกส์ของ นักเรียน เพื่อศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์และ การพัฒนาแนวคิดความเข้าใจโน้ตส์เกี่ยวกับฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนฟิสิกส์ในปี 2015-2016 ของโรงเรียนรัฐ ในเขตการศึกษา Akure ของ Ondo จำนวน 385 คน รูปแบบการศึกษา ใช้การวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน การสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์ มี

ความสัมพันธ์เชิงบวกที่นัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ที่นัยสำคัญทางสถิติระหว่างการรวมเชิงเส้นของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์และการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์ ความหมายจากการค้นพบคือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์และการสร้างแนวคิดเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์ มีการเน้นย้ำถึงความหมายทางการศึกษาของข้อค้นพบและมีการเสนอแนะอย่างเท่าเทียมกัน หนึ่งในคำแนะนำก็คือ ครูสอนฟิสิกส์ผู้เขียน และผู้จัดพิมพ์หนังสือเรียนฟิสิกส์ควรวาดภาพโดยใช้แบบจำลองที่เกินขีดจำกัดทางกายภาพเพื่อนำแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เรียนรู้ไปเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนสังเกตและสัมผัสได้รอบตัว

Mishra (2019) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสอนโดยใช้เกมมิฟิเคชันในระบบโรงเรียนของอินเดีย โดยมีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนเมื่อใช้ชุดทักษะการเรียนรู้เรื่องระบบไฟฟ้า โดยใช้การจำลองสภาพแวดล้อมแบบเกมมิฟิเคชัน กลุ่มนักเรียนที่ใช้ศึกษา คือนักเรียนมัธยมศึกษา โรงเรียนของรัฐ Bal Bharti เมือง Noida India โดยมีรูปแบบขั้นตอนการดำเนินงานกิจกรรม 5 ขั้นตอน คือ 1.) การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายของนักเรียนและบริบทที่เกี่ยวข้องของหัวข้อที่จะสอน 2.) การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 3.) จัดโครงสร้างของประสบการณ์เรียนรู้ 4.) การระบุทรัพยากร 5.) การใช้อ็อบเจกต์ประกอบเกมมิฟิเคชัน ผลที่เกิดขึ้นพบว่า การใช้ชุดทักษะการเรียนรู้แบบจำลองตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน สามารถทำให้นักเรียนสามารถสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ใช้ และมีความเข้าใจในการเลือกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มุ่งพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน มีการดำเนินการศึกษา ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย
3. เครื่องมือการวิจัย
4. ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เน้นการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยทำการศึกษาในฐานะครูผู้สอน และผู้ดำเนินงานวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นวงจรต่อเนื่องกันของ Kemmis & Mc Taggart (1998) อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557 , หน้า 149-151) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน จากนั้น ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบโครงการการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ PISA 2015 เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

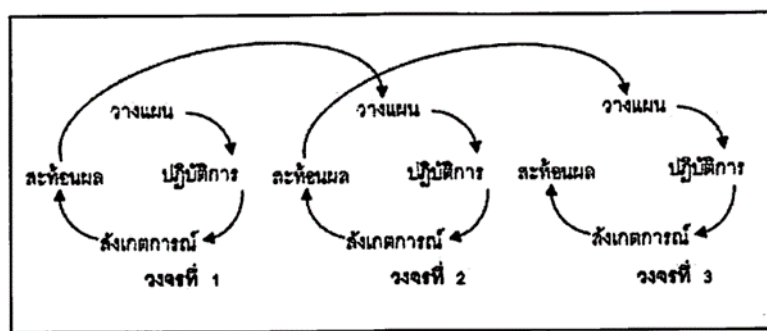
ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการเข้าถึงปรากฏการณ์ 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ 6) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ซึ่งมีเครื่องมือในการเก็บ

ข้อมูล คือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยนำเอาผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือในขั้นที่ 3 มาวิเคราะห์ และหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ทำเช่นนี้ 3 วงจรปฏิบัติการ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการครบทั้ง 3 วงปฏิบัติการ นักเรียนทำการวัดความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็นขั้นตอนการวิจัยดังภาพ



ภาพ 6 แสดงวงจรการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิด Kemmis and Mc Taggart

ที่มา : Kemmis and McTaggart. 1988 (อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-151)

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก ในจังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย จำนวน 6 คน นักเรียนหญิง จำนวน 5 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง บริบทของกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ที่แตกต่างกันมาก นักเรียนไม่มีความสนใจและไม่ให้ความสำคัญในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร เนื่องจากบริบททางการเรียนรู้ของนักเรียน ที่ไม่ได้มีการลงมือปฏิบัติ ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่เน้นในส่วนของท่องจำเนื้อหา ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย ไม่สนุกกับการเรียน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมทางครอบครัวของนักเรียนไม่ได้มีการส่งเสริมหรือสนับสนุนให้มีการเรียนต่อในระดับสูงมากนัก ทำให้นักเรียนไม่มีแรงจูงใจ หรือแรงผลักดันในการเรียนรู้ ผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ สมรรถนะ และทักษะของนักเรียนจึงมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า นักเรียนที่เรียนโรงเรียนในตัวอำเภอ หรือตัวจังหวัดไม่ว่าจะเป็นในส่วนของผลการประเมิน PISA และ ผลการประเมิน O-NET

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งตามคำถามการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งออกเป็น 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลาแผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ คือ แบบบันทึกผลจากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ขณะที่ผู้วิจัยดำเนินจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยรายละเอียดการบันทึกจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเกิดการปรับเปลี่ยน แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

2.1 ใบกิจกรรม

ใบกิจกรรมสำหรับการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และใช้สำหรับประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ใช้สำหรับการทำเป็นรายบุคคล และทำกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกับสืบค้นข้อมูล อภิปราย และสร้างแนวคิดร่วมกันผ่านคำถามและคำสั่งที่อยู่ในใบกิจกรรม

2.2 แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ โดยกำหนดอัตราส่วนข้อสอบแบบเขียนตอบ มากกว่าแบบอื่น รวมทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ โดยแบบทดสอบนี้จะใช้เมื่อทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติ

ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยใช้รูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Schwarz, et al. (2009) โดยบูรณาการร่วมกับองค์ประกอบของเกมตามแนวคิดของ Nah (2014) ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิดของเกมมิฟิเคชัน

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิด รูปแบบของเกมมิฟิเคชัน

1.3 ศึกษาหลักสูตร และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อกำหนดกรอบของการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหา และผลการเรียนรู้

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่มีการนำองค์ประกอบของเกมเข้ามามีส่วนร่วมในแต่ละขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมตามรูปแบบของเกมมิฟิเคชัน แผนการจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลาแผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การตีตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง
2. ผลการเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. สาระการเรียนรู้
5. จุดประสงค์การเรียนรู้
6. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้
8. การวัดการเรียนรู้ประเมินผล
9. ใบกิจกรรม
10. แบบประเมินใบกิจกรรม
11. บันทึกหลังการสอน

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ รูปแบบขั้นตอนและความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุง เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาในการสอนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา 1 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาและลงความเห็นตามรูปแบบการประเมินที่กำหนดให้โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามรูปแบบการประเมินของ บุญชุม ศรีสะอาด (2560) ดังนี้

5 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.7 นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดคำนวณหาค่าเฉลี่ยร่วม และค่าเฉลี่ยในแต่ละด้าน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมิน และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชุม ศรีสะอาด, 2560)

4.50-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

2.50-3.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1.00-1.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต้องมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม (บุญชุม ศรีสะอาด, 2560)

1.8 ดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้ถูกต้อง เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.9 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องโมเมนตัมและการชน ทั้งหมด 3 แผน ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสม พบว่า ผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการ

เรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.68 อยู่ในระดับมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านของ รายการการประเมินเท่ากับ 4.00-5.00 ซึ่งหมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนมีความเหมาะสม มากที่สุด โดยได้รับข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับกิจกรรมให้มีความซับซ้อนน้อยลง และควรเพิ่ม คำอธิบายในการทำกิจกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง แสดงรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัม และการชน

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา	แบบจำลอง
1	อธิบาย และคำนวณโมเมนตัม ของวัตถุ และการตกลงมา และพื้นที่ใต้กราฟความ สัมพันธ์ ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดลกับโมเมนตัม	การเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่ก่อให้เกิดโมเมน - ตัมของวัตถุ	ภาพวาด สัญลักษณ์ที่แสดง ถึงทิศทาง และ ปริมาณที่เกิด ขึ้นกับวัตถุที่เกิด โมเมนตัม
2	ทดลอง อธิบาย และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชน ของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีด ตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่ง เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	กฎอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนของวัตถุ ในหนึ่งมิติ	ภาพวาดทิศทาง ของการเคลื่อนที่ และปริมาณที่ เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ ในการนำไป อธิบายกฎการ อนุรักษ์โมเมนตัม ในกรณีการชน หนึ่งมิติ
3	ทดลอง อธิบาย และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชน	การดีดตัวแยกออก จากกันของวัตถุใน	ภาพวาดทิศทาง ของปริมาณที่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา	แบบจำลอง
	ของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีด ตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่ง เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	หนึ่งมิติ	เกิดขึ้นขณะวัตถุ เกิดการตีดตัว ออกจากกันใน หนึ่งมิติ

2. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง เพื่อสะท้อนผลของการดำเนินกิจกรรม ในครั้งนั้น แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงหรือพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งถัดไป โดยผู้ให้ข้อมูลจากการสังเกต คือ ผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกต ซึ่งเป็นครูประจำการกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียน โดยขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.2 กำหนดขอบเขตหัวข้อของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

- การจัดการเรียนรู้ในชั้นนี้สามารถพัฒนาตัวชี้วัดที่แสดงถึงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้อย่างไร
- ปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอ
- ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น
- แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

2.3 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นการเขียนเชิงบรรยายตามหัวข้อที่ได้กำหนดไว้ โดยให้ผู้สังเกตทำการสังเกตแล้วเขียนผลที่เกิดขึ้นลงไปแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามหัวข้อที่กำหนดไว้

2.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมของหัวข้อและรูปแบบของแบบสะท้อนการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.5 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ในการบันทึกข้อมูลผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น โดยผู้สังเกต ได้แก่ ผู้วิจัย และผู้ร่วมสังเกต

จากการนำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณา พบว่า ต้องเพิ่มนิยามของขั้นตอนนั้น ๆ และควรมีการปรับภาษาที่ใช้เพื่อให้ผู้บันทึกผลเข้าใจ และสามารถบันทึกผลให้ได้ตรงตามจุดประสงค์ของข้อคำถาม

3. ใบกิจกรรม

ใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงการพัฒนาความสามารถในสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ การทำใบกิจกรรมจะเป็นการทำงานแบบรายบุคคล และแบบกลุ่ม โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วยใบกิจกรรม 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นใบกิจกรรมสำหรับการฝึกให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และชุดที่ 2 เป็นใบกิจกรรมสำหรับนำไปประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมชุดที่ 2 จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องทำการเขียนข้อมูลหรือทำตามคำชี้แจงของใบกิจกรรมทุกครั้งระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของใบกิจกรรม ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างใบกิจกรรม ที่สอดคล้องกับการนำมาใช้ในการศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการกำหนดพฤติกรรม ที่แสดงถึงตัวชี้วัดนั้น

3.3 ศึกษาเนื้อหาในเรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อใช้ในการกำหนดกรอบของคำถามและคำสั่งในใบกิจกรรม

3.4 สร้างใบกิจกรรม จำนวน 6 ชุด ที่สอดคล้องตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบไปด้วยใบกิจกรรม 2 ชุด ได้แก่ ใบกิจกรรมชุดที่ 1 เป็นใบกิจกรรมสำหรับใช้ฝึกให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ใบกิจกรรมชุดที่ 2 เป็นใบกิจกรรมสำหรับประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งใช้ในขั้นการจัดการเรียนรู้ขั้นสุดท้าย ใบกิจกรรมชุดนี้จะประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ใช้ประเมินตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

3.5 นำใบกิจกรรมที่สร้างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความ สอดคล้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของใบกิจกรรม นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ตาม คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.6 นำใบกิจกรรมที่ได้ปรับปรุงและแก้ไข เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาในการสอนรายวิชาฟิสิกส์ คือ ครูประจำการที่มีประสบการณ์ การสอนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ครู ประจำการที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชา การศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้อง ในการนำไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลอีกครั้ง ปรับปรุงและแก้ไขใบกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ใบกิจกรรมที่สมบูรณ์

3.7 นำใบกิจกรรมที่สมบูรณ์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการนำใบกิจกรรมให้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความ เหมาะสม พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.19-4.67 ซึ่งอยู่ใน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก

4. แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ สำหรับประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที โดยแบบทดสอบนี้จะนำไปใช้เมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และบทความวิชาการเกี่ยวกับสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาความหมาย ตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะ และเกณฑ์/รูปแบบใน การวัดและประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

4.2 ศึกษาเนื้อหาและวิเคราะห์วัตถุประสงค์และผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โม่หมุนตัม และการชน

4.3 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ใน เชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA โดยข้อคำถามของแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบ เลือกตอบ เลือกตอบเชิงซ้อน และเขียนตอบ โดยกำหนดอัตราส่วนรูปแบบของข้อคำถามแบบเขียน ตอบอิสระมากกว่าข้อคำถามแบบอื่น ลักษณะของแบบทดสอบ จะมีการกำหนดสถานการณ์ และ กำหนดข้อคำถาม ข้อคำถามแต่ละข้อจะมีเป้าหมายเพื่อใช้ประเมินตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 13 ตารางวิเคราะห์รูปแบบข้อสอบ และจำนวนข้อ ของแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อแบบทดสอบตามรูปแบบของข้อคำถาม			รวม
	แบบเลือกตอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน	เขียนตอบอิสระ	จำนวนข้อ
นำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	2		3	5
ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย			2	2
เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย		1	1	2
พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล	1	1	1	3
อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม	1	1		2
รวม	4	3	7	14

จากตารางจะเห็นได้ว่าลักษณะข้อคำถามที่ใช้วัดในแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะลักษณะที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 รูปแบบขึ้นไป การเลือกรูปแบบของข้อคำถามที่ใช้ในการประเมินแต่ละตัวบ่งชี้ นั้น ใช้หลักการการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างลักษณะข้อคำถามกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ข้อมูลจากการประเมินความสามารถในแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4.4 นำแบบทดสอบการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อทำการตรวจความถูกต้องด้านเนื้อหา ข้อคำถาม ความสอดคล้องของข้อคำถามกับการวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ปรับปรุง และแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.5 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุง เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาในการสอนรายวิชาฟิสิกส์ คือ ครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างคำถามกับการวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ความถูกต้องของภาษา และแนวคำตอบ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence:IOC) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละข้อ
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยที่ในแต่ละคำถามจะมีการให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้

4.6 นำผลการประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence; IOC) คัดเลือกข้อที่ผ่านค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปได้ ถ้าตัวบ่งชี้ใดมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำข้อคำถามชุดใหม่สำหรับการประเมินตัวบ่งชี้ นั้นเพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องอีกครั้ง และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.7 นำข้อคำถามที่คัดเลือก และผ่านการปรับปรุงแล้วตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความถูกต้อง และข้อคำแนะนำเพื่อนำมาปรับปรุงเป็นครั้งสุดท้ายก่อนที่จะนำไปใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการนำแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจ พบว่า ข้อคำถามของแบบทดสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence; IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีจำนวน 14 ข้อ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกข้อสอบจำนวน 10 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด โดยข้อสอบที่เลือกมาจะเป็นข้อสอบที่ครอบคลุมตัวบ่งชี้ทั้ง 5

ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรูปแบบข้อสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 3 ข้อเลือกตอบเชิงซ้อน 2 ข้อ เขียนตอบบิอิสระจำนวน 5 ข้อ รวมคะแนนทั้งหมด 14 คะแนน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนของวงจรปฏิบัติจำนวน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นวางแผน(Plan) ขั้นปฏิบัติ(Act) ขั้นสังเกต(Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติ ซึ่งแต่ละวงจรปฏิบัติจะมีรูปแบบของการเก็บข้อมูลในลักษณะเดียวกัน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน หลักสูตรสถานศึกษาและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ 2 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล โดยในวงจรปฏิบัติที่ 2 และ 3 จะมีการนำเครื่องมือที่สร้างมาพัฒนาและปรับปรุงตามผลการสะท้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ก่อนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการปฐมนิเทศและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจถึงจุดประสงค์ของการเรียนรู้ จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนจะได้ร่วมกันทำใบกิจกรรม ซึ่งเป็นชิ้นงานที่นักเรียนต้องทำทั้งเดี่ยวและทำเป็นกลุ่ม เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมจนครบเสร็จสิ้นทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละคนต้องทำแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลที่สังเกตได้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตามประเด็นที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินการของกิจกรรมในวงจรปฏิบัติแต่ละวงจร ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต เพื่อศึกษาลักษณะการสอนของครู และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา นอกจากนี้ยังมีการศึกษาข้อดี ข้อปรับปรุงที่ต้องนำไปแก้ไข และพัฒนาในกระบวนการเรียนรู้ในวงจรถัดไป เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นจนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต ใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์ และหาคุณภาพของข้อมูลต่อไป

ผู้วิจัยได้สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลและช่วงเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1		ระหว่างจัดการเรียนรู้
วงจรที่ 1	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต	โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
	ใบกิจกรรมที่ 1 และ 2	นักเรียน	
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2		ระหว่างจัดการเรียนรู้
วงจรที่ 2	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต	โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
	ใบกิจกรรมที่ 3 และ 4	นักเรียน	
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3		ระหว่างจัดการเรียนรู้
วงจรที่ 3	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต	โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
	ใบกิจกรรมที่ 5 และ 6	นักเรียน	
	แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียน	หลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็น

วงจร ปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
			ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ครบทั้ง 3 วงจร ปฏิบัติการ

วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล จะมีการวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามคำถามการวิจัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกต มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 นำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกตมาทำการวิเคราะห์ และแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ได้แก่ ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ ข้อปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 ทำการสรุปข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกต โดยรายงานในลักษณะการเขียนบรรยาย ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ ข้อปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการปรับปรุง และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 ทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าแบบ Resource Triangulation คือ การนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกต มาทำการเปรียบเทียบเพื่อศึกษาประเด็นแนวโน้มของข้อมูล ถ้าแนวโน้มของข้อมูลเป็นไปในทิศทางเดียวกันจะแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล

คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ได้หรือไม่ อย่างไร

1. ไปกิจกรรม

ไปกิจกรรมเป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนได้แสดงออกถึงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมที่นำมาใช้วิเคราะห์ คือ ไปกิจกรรมชุดที่ 2 ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ดำเนินการตรวจคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อ จากนั้นประเมินเพื่อให้คะแนนความสามารถในแต่ละตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของไปกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดในแต่ละตัวบ่งชี้ ดังนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน แต่มีความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่มีความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย

ตัวบ่งชี้ที่ 2 ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถระบุ ใช้ และวาดภาพแบบจำลอง เพื่ออธิบายคำตอบได้ครบถ้วน ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถระบุ ใช้ และวาดภาพแบบจำลอง เพื่ออธิบายคำตอบได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถระบุ ใช้ และวาดภาพแบบจำลอง เพื่ออธิบายคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน

ตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ และมีความสมเหตุสมผล

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ และมีความสมเหตุสมผลบางส่วน

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์บางส่วน แต่ยังไม่มีความสมเหตุสมผล

ตัวบ่งชี้ที่ 4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลได้ถูกต้องทั้งหมด

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลได้ถูกต้องบางส่วน

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

ตัวบ่งชี้ที่ 5 อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

3 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบายถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อสังคมได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด และมีความเป็นเหตุเป็นผลของคำอธิบาย

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบายถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อสังคมได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีความเป็นเหตุเป็นผลของคำอธิบาย

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบายถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อสังคมได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีความสมเหตุสมผลของคำตอบ

1.2 รวมคะแนนของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้จากนั้นนำคะแนนมาจัดทำเป็นค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 รวมคะแนนคำตอบของนักเรียนทุกข้อในใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน เพื่อจัดระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

ระดับ ดีมาก	อยู่ในช่วงคะแนน	13-15	คะแนน
ระดับ ดี	อยู่ในช่วงคะแนน	10-12	คะแนน
ระดับ พอใช้	อยู่ในช่วงคะแนน	7-9	คะแนน
ระดับ ปรับปรุง	อยู่ในช่วงคะแนน	0-6	คะแนน

1.4 เปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จากใบกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ถ้านักเรียนมีคะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ และระดับที่สูงขึ้นแสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

2. แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หลังจากการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 ดำเนินการตรวจคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อตามเกณฑ์การประเมิน โดยมีรูปแบบการให้คะแนนที่แตกต่างกันไปตามรูปแบบของข้อคำถาม ดังนี้

ข้อสอบแบบเลือกตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามถูกต้อง

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามไม่ถูกต้อง

ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามถูกต้อง

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเลือกตอบคำถามไม่ถูกต้อง

ข้อสอบแบบสร้างคำตอบอิสระ มีเกณฑ์การให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินรูปรีด ดังนี้

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำถามถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และแสดงถึงความสามารถของตัวบ่งชี้ นั้น ๆ ได้ทั้งหมด

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำถามถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และแสดงถึงความสามารถของตัวบ่งชี้ นั้น ๆ ได้บางส่วน

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนเขียนคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ

2.2 รวมคะแนนของข้อคำถามที่ใช้ประเมินตัวบ่งชี้เดียวกัน เพื่อจัดทำเป็นค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

2.3 รวมคะแนนทั้งหมดของแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนของนักเรียนแต่ละคน จากนั้นนำคะแนนของนักเรียนมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับใด ดังนี้

ระดับ ดีมาก	อยู่ในช่วงคะแนน	12-14	คะแนน
ระดับ ดี	อยู่ในช่วงคะแนน	8-11	คะแนน
ระดับ พอใช้	อยู่ในช่วงคะแนน	4-7	คะแนน
ระดับ ปรับปรุง	อยู่ในช่วงคะแนน	0-3	คะแนน

2.4 นำข้อมูลคะแนนของแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และระดับสมรรถนะของนักเรียน มาวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลแนวโน้มการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยพิจารณาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะตัวบ่งชี้ใดที่นักเรียนทำคะแนนได้มากที่สุด และน้อยที่สุด เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงหรือพัฒนาเพิ่มเติม

2.5 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธี Method Triangulation คือการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จากใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดูความสอดคล้อง และแนวโน้มของข้อมูลว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่อย่างไร เพื่อยืนยันผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ร้อยละ

เป็นการบอกจำนวนของสิ่งที่มีอยู่เมื่อเทียบกับจำนวนเต็ม 100 โดยมีสูตรการคิด คือ

$$\frac{\text{จำนวนที่ต้องการคิดร้อยละ}}{\text{จำนวนทั้งหมด}} \times 100$$

1.2 ค่าเฉลี่ย

เป็นค่ากลาง ๆ ของข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด โดยมีสูตรในการหา คือ

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

เป็นสถิติที่นำมาใช้ในการหาคุณภาพของข้อคำถามในแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC)

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

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละข้อ

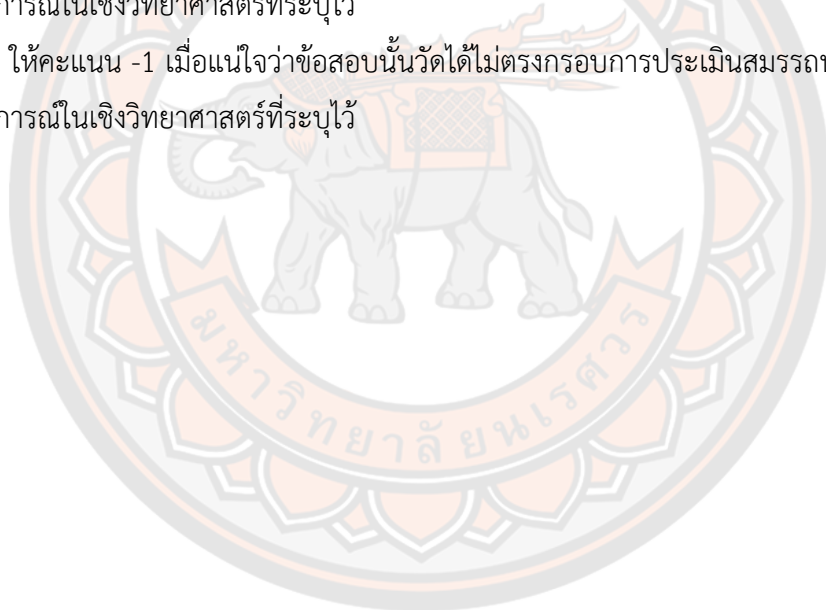
N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยที่ในแต่ละคำถามจะมีการให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงกรอบการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทำวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ เพื่อจุดมุ่งหมายของการวิจัย 2 ข้อ ต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ผู้วิจัยนำเสนอผลจากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 1

การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ชั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ศึกษาผลการประเมินการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA ในปี 2006, 2015 และ 2018 จากนั้นศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนจากข้อมูลบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และจากการทำแบบทดสอบแบบเขียนตอบ ตามแนวทางการประเมินของ PISA ในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โดยในแบบทดสอบและแบบสัมภาษณ์ มีการกำหนดสถานการณ์ และตั้งคำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้มาสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน พยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างเป็นเหตุเป็นผลตามหลักของวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ผ่าน

เกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน หรือพยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผลตามหลักของวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ไม่มากพอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมิน PISA ของนักเรียนไทยที่ยังคงมีคะแนนความฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต่ำกว่า OECD ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เมื่อได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุของปัญหา พบว่า การเรียนการสอนในห้องเรียนปัจจุบันนักเรียนคุ้นเคยกับการจำเนื้อหาเพื่อมาตอบคำถาม โดยเฉพาะในเนื้อหาที่เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรม เนื่องจากนักเรียนมองไม่เห็นภาพ จึงไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหา ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างทอ้งแท้ และนักเรียนขาดทักษะในการอธิบาย ส่งผลทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการนำมาสร้างคำอธิบาย ตั้งสมมติฐาน พยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผลได้ นอกจากนี้สาเหตุอีกประการที่สำคัญ คือ นักเรียนไม่มีแรงจูงใจในการเรียนรู้ ด้วยบริบทของนักเรียนที่ไม่ได้เห็นถึงความสำคัญของเนื้อหาที่เรียน ทำให้นักเรียนไม่พยายามที่จะเรียนรู้หรือปฏิบัติงานตามกิจกรรมที่ครูได้เตรียมไว้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเกิดความรู้และสมรรถนะตามจุดประสงค์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขสาเหตุของปัญหา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมการชน แบ่งเป็นทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แผนที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม แผนที่ 2 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัมและการชนในหนึ่งมิติ และแผนที่ 3 การตีตัวในหนึ่งมิติ ผู้วิจัยได้วางแผนใช้ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 สสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

1.1 ชั้นที่ 2 ชั้นปฏิบัติ (Act)

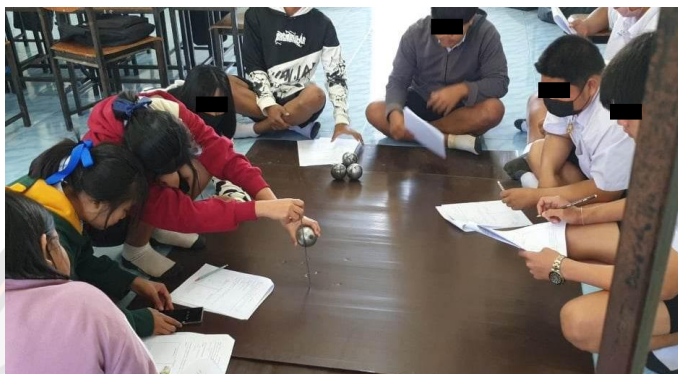
ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน 7 ขั้นตอน ดังนี้

ชั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ ในชั้นนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้สถานการณ์การตกของลูกบอล เป็นการเข้าสู่ปรากฏการณ์การเกิดโมเมนตัมของวัตถุ ก่อนเข้าสู่กิจกรรมผู้วิจัยทำการอธิบายถึงกิจกรรม และกระบวนการของการนำเกมมิฟิเคชันเข้ามาในการจัดการเรียนรู้ โดยแนะนำรูปแบบของกระดานผู้นำ วิธีการในการได้รับรางวัล การเพิ่มระดับ การได้รับเหรียญนักฟุตบอล และมีการสร้างข้อตกลงสำหรับคนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้เหตุการณ์การปล่อยลูกบอลให้ตัวแทนนักเรียน 1 คน ออกมา ปล่อยลูกบอล นักเรียนคนอื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับลูกบอล จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมา คำถามที่ใช้ประกอบด้วย 1.) จากการสังเกตนักเรียนคิดว่า การตกของลูกบอลมีลักษณะเป็นอย่างไร 2.) การที่ลูกบอลเคลื่อนที่ได้มีปริมาณใดบ้างที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น 3.) เมื่อลูกบอลตกลงมากกระทบกับพื้นแล้วเกิดอะไรขึ้น 4.) นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้ลูกบอลสะท้อนกลับมา 5.) จากการสังเกตเมื่อลูกบอลสะท้อนกลับขึ้นมา ระยะในการเคลื่อนที่ หรือความเร็วในการเคลื่อนที่ เท่าเดิมหรือไม่ อย่างไร และ 6.) นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลูกบอลในครั้งนี้นักครูคิดเหรียญนักฟุตบอล และปรับระดับความคืบหน้าทีกระดานผู้นำของนักเรียนที่ร่วมกันตอบคำถาม ส่วนนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามครูเรียกชื่อเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมา แต่ไม่มีการให้เหรียญนักฟุตบอลหรือปรับระดับความคืบหน้า

ชั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง ในชั้นนี้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ได้จากการสังเกตมาจากชั้นที่ 1 ผ่านใบกิจกรรมที่ 1.1 รูปวาดของฉันทักเรียนแต่ละคนดำเนินการวาดภาพแบบจำลองของตนเองลงในช่องว่างช่องแรกของใบกิจกรรมนี้ โดยต้องมีการระบุสัญลักษณ์หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของลูกบอล ซึ่งการวาดภาพแบบจำลองครั้งนี้ นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลจากการเรียนในเรื่องที่ผ่านมาเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลอง หลังจากวาดภาพแบบจำลองของตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนแต่ละคนได้นำเสนอแบบจำลองของตนเองว่าแบบจำลองนั้นคืออะไร มีการใช้สัญลักษณ์หรือตัวแปรอะไรบ้าง เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าต้องใช้สัญลักษณ์หรือตัวแปรนั้น นักเรียนที่ทำงานได้ตรงตามเวลาที่ครูกำหนด ครูปรับระดับความคืบหน้าให้กับนักเรียนคนนั้น

ชั้นที่ 3 สสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ ในชั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการทดลอง และสืบค้นข้อมูลผ่านหนังสือเรียนและอินเทอร์เน็ต เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับการตกของวัตถุ โดยครูอธิบายการทำกิจกรรมตาม ใบกิจกรรมที่ 1.2 ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การทดลองการตก

ของลูกเหล็ก ตอนที่ 2 การตอบคำถาม ในการทำกิจกรรมตอนที่ 1 นักเรียนต้องตั้งสมมติฐานก่อนการทดลอง จากนั้นดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรม เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วน นักเรียนไปตอบคำถามในตอนที่ 2 ซึ่งต้องมีการใช้ทั้งข้อมูลจากการทดลอง ข้อมูลจากหนังสือเรียน และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อนำมาตอบคำถาม นักเรียนออกมารับใบกิจกรรม และทำกิจกรรมการทดลอง ดังภาพต่อไปนี้



ภาพ 7 การทำการทดลอง เรื่อง การตกของลูกเหล็ก

หลังจากทำกิจกรรมการทดลอง นักเรียนทำการตอบคำถามในใบกิจกรรมของตนเอง โดยนักเรียนมีการช่วยเหลือ และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันเป็นระยะ เมื่อนักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรมเสร็จแล้ว ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ตัวอย่างคำถาม เช่น การทดลองทั้ง 2 กรณีผลที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด ผลจึงออกมาเป็นเช่นนั้น นักเรียนคิดว่าวัตถุจะมีโมเมนตัมได้นั้นต้องมีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง เพราะเหตุใดลูกเหล็กจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นต้น หลังจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยข้อคำถามในใบกิจกรรมพร้อมกับสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นนี้ นักเรียนที่ดำเนินกิจกรรมเสร็จสิ้นตรงตามเวลาที่กำหนดจะได้รับการเลื่อนระดับบนกระดานผู้นำ

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนนำความรู้และข้อมูลใหม่ที่ได้จากขั้น 3 มาสร้างเป็นแบบจำลองขั้นที่ 2 โดยวาดลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 ในช่องว่างที่ 2 เพื่อให้นักเรียนได้ทำการเปรียบเทียบและประเมินภาพแบบจำลองที่ตนเองสร้างไว้ในขั้นที่ 1 กับภาพแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่เห็นว่าแบบจำลองทั้งสองมีความเหมือนหรือมีความแตกต่างกันที่จุดใดบ้าง ซึ่งนักเรียนต้องเขียนข้อมูลความเหมือนและความแตกต่างลงใต้ภาพแบบจำลอง นักเรียนที่ดำเนินกิจกรรมเสร็จสิ้นตรงตามเวลาที่กำหนดจะได้รับการเลื่อนระดับบนกระดานผู้นำ

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ ขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุประกอบด้วย แนวคิดทฤษฎีการดล-โมเมนตัม ทฤษฎีกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน และทฤษฎีพลังงานจลน์ โดยนักเรียนสามารถศึกษาผ่านหนังสือเรียน และแหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เมื่อศึกษาเรียบร้อยแล้วให้นำข้อมูลมาเขียนอธิบายตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมที่ 1.3 เหมือนหรือต่าง เพื่อทำการเปรียบเทียบทฤษฎีทั้ง 3 ว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างในแต่ละหัวข้ออย่างไรบ้าง ครูเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำให้นักเรียนที่ทำงานได้เสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ขั้นนี้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพื่อประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรกว่าควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาอย่างไร เพื่อให้สามารถนำไปอธิบายการเกิดโมเมนตัมของวัตถุได้อย่างครอบคลุมและตรงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องสามารถระบุ และอธิบายถึงข้อแก้ไข และสาเหตุของการแก้ใขนั้นให้ชัดเจน นักเรียนดำเนินการวาดภาพแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์อีกครั้งลงในใบกิจกรรมที่ 1.4 การเปลี่ยนแปลง เมื่อนักเรียนวาดภาพแบบจำลองเสร็จสิ้นต้องออกมานำเสนอแบบจำลองใหม่ของตนเอง เพื่อให้ให้นักเรียนคนอื่น ๆ ได้พิจารณา และรวมกับเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดสมบูรณ์ที่สุด ครูเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำให้นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมได้เสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำงานเป็นกลุ่ม โดยครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม สมาชิกในกลุ่มจะได้รับใบกิจกรรมที่ 2 เพื่อดำเนินการศึกษาและตอบคำถามโดยใช้ความคิดของตนเองก่อน ใบกิจกรรมที่ 2 นี้จะมีการใช้สถานการณ์การกระโดดแตรมโพลีนของเด็กหญิง มาเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนต้องใช้ในการตอบคำถามแก้ไขปัญหา โดยมีการนำแบบจำลองที่เลือกมาจากขั้นที่ 6 มาใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่ได้รับ จากนั้นระดมความคิดภายในกลุ่มของตนเองเพื่อสร้างเป็นชิ้นงานของกลุ่มขึ้นมา หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มต้องออกมาแสดงผลงานพร้อมทั้งอธิบายคำตอบของกลุ่มตนเอง ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรม และสรุปผลของกระดานผู้นำ โดยนักเรียนที่มีคะแนนสะสมในกระดานผู้นำมากที่สุดจะได้รับ เหรียญทองของผู้ชนะ

1.1 ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

ในการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนร่วมกับผู้ร่วมสังเกต โดยใช้เครื่องมือ คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการสังเกตออกเป็นขั้นตอนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ ขั้นนี้นักเรียนจะเข้าถึงปรากฏการณ์การเกิดโมเมนตัมของวัตถุด้วยสถานการณ์การตกของลูกบอล เพื่อให้นักเรียนได้ทำการสังเกตลักษณะการตกของลูกบอล จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการสังเกตสถานการณ์ พบว่า นักเรียนมีความตั้งใจในการสังเกต เพราะนักเรียนทุกคนจะเงยเพื่อตั้งใจดูการสาธิต และจะมีการพูดคุยกันหลังจากจบการสาธิต แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ที่นำมาสามารถช่วยสร้างความสนใจแก่นักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“สถานการณ์ที่นำมามีความน่าสนใจ สามารถช่วยให้นักเรียนตั้งใจที่จะศึกษา”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

จากนั้นจะมีการใช้คำถามหลังการสังเกตของนักเรียน พบว่านักเรียนบางคนมีความพยายามที่จะอธิบายเหตุผลของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แม้เหตุผลที่อธิบายนั้นยังไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“การใช้เหรียญนักพูด หรือการเพิ่มระดับของนักเรียนสามารถช่วยให้นักเรียนมีความพยายามที่จะตอบคำถาม แม้คำอธิบายนั้นยังไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง ขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนต้องทำการวาดภาพแบบจำลองเพื่ออธิบายการตกของลูกบอล พบว่าเมื่อผู้วิจัยอธิบายคำสั่งและแจกใบกิจกรรมเสร็จสิ้น นักเรียนส่วนใหญ่แสดงถึงสีหน้าและพฤติกรรมถึงความไม่เข้าใจในการทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของผู้วิจัยที่กล่าวว่า

...“นักเรียนแอบมองเพื่อนข้าง ๆ ครูจึงต้องมีการสอบถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในการทำกิจกรรม คำตอบที่ได้รับจากนักเรียน คือ “หนูต้องวาดแบบไหนคะ” “ผมไม่แน่ใจว่าต้องวาดแบบแบ่งส่วนหรือวาดในภาพเดียวกัน” “สัญลักษณ์ที่หนูต้องเขียนเป็นสัญลักษณ์แบบไหนคะ” ซึ่งคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจว่าการวาดแบบจำลอง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัยจึงได้มีการอธิบายในส่วนของการวาดภาพแบบจำลองโยมีการอธิบายความหมาย ลักษณะ และองค์ประกอบของภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนต้องสร้าง จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะวาดภาพแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีการแอบมองเพื่อนข้าง ๆ เพื่อดูว่าเพื่อนวาดอะไรบ้าง ภาพแบบจำลองของตนเองนั้นเหมือนของเพื่อนหรือไม่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียน

กลุ่มนี้ยังไม่มี ความมั่นใจในตัวเอง ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง ส่งผลให้เวลาในการทำกิจกรรมนี้มีระยะเวลาที่นานกว่ากำหนด

ขั้นที่ 3 สํารวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ ขั้นนี้ นักเรียนต้องทำการทดลอง และสืบค้นข้อมูลเพื่อตอบคำถามในใบกิจกรรม จากการทำกิจกรรม พบว่า เมื่อผู้วิจัยอธิบายถึงกิจกรรม และแจกใบกิจกรรม นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจฟังวิธีการทำกิจกรรมการทดลอง ก่อนการทดลอง มีการให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานจากการตรวจใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถเขียนสมมติฐานที่สามารถอธิบายถึงการคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผล ตัวอย่างการตั้งสมมติฐานของนักเรียน

การทดลองกรณีที่ 1 ปล่อยลูกเหล็กมวล m จากระดับความสูง 30 cm และ 15 cm
 คำถามก่อนทดลอง : นักเรียนคิดว่าลูกเหล็กที่ความสูงในระดับใดจะทำให้พื้นยางเกิดรอยยุบมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
 สมมติฐาน :
 รอยยุบจะเท่ากัน

ภาพ 8 การเสนอสมมติฐานของนักเรียนในการทดลองการปล่อยลูกเหล็ก

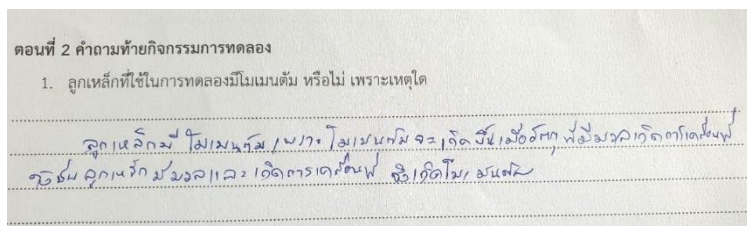
(นักเรียน 1, ใบกิจกรรมที่ 1.2, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมการทดลอง พบว่า นักเรียนสามารถจัดการปัญหาในส่วนของการจับเวลาที่ไม่มีครบได้ดี โดยการอาศัยความช่วยเหลือจากเพื่อนในการจับเวลา เมื่อถึงช่วงการบันทึกผล นักเรียนมีความสับสน เนื่องด้วยปริมาณที่ได้จากผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง เพราะการจับเวลาของนักเรียนแต่ละคนไม่เหมือนกัน แม้ผลที่ออกมาไม่ต่างกันแต่ นักเรียนบางคนก็แสดงออกถึงความไม่มั่นใจในผลของตัวเอง สังเกตได้จากการลบคำตอบของตนเองไปมา แม้ผู้วิจัยย้ำว่านักเรียนต้องบันทึกตามค่าที่ตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“ครูควรมีการอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นเพิ่มเติม เพราะจากการทำกิจกรรมจะเห็นว่า มีนักเรียนบางคนไม่กล้าลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพราะกลัวว่าตนเองจะทำผิด เนื่องจากความไม่เข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

ในช่วงของกิจกรรมสืบค้นข้อมูลเพื่อตอบคำถามท้ายการทดลอง พบว่า นักเรียนมีการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายคำตอบได้ดี จากตัวอย่างคำตอบในใบกิจกรรมของนักเรียน



**ภาพ 9 คำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายจากการ
 ตอบคำถามหลังการทดลองการปล่อยลูกเหล็ก**

(นักเรียน 10, ใบกิจกรรมที่ 1.2, 7 กุมภาพันธ์ 2566)

ชั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง ชั้นนี้นักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองเพื่ออธิบาย การเกิดโมเมนต์ของวัตถุโดยมีการเชื่อมโยงข้อมูลเดิม และข้อมูลใหม่ที่นักเรียนได้จากชั้นที่ 3 ระหว่างการทำกิจกรรม พบว่า ในชั้นนี้นักเรียนไม่ได้มีโอกาสในการตั้งสมมติฐานก่อนการสร้าง แบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายเหตุผลของการแก้ไขแบบจำลองเดิม เนื่องจากครูยังขาดการ ให้ความสำคัญในการตั้งคำถาม หรือการทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการตั้งสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผล การสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตว่า

...“ครูยังไม่มีการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมการตั้งสมมติฐานของ นักเรียน”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

ในการประเมินแบบจำลองนั้นนักเรียนยังคงมีพฤติกรรมที่ยังมีการแอบมองเพื่อน เป็นระยะ ในการเปรียบเทียบภาพวาดของแบบจำลองเพื่อระบุความเหมือนและความแตกต่าง นักเรียนบางคนไม่สามารถอธิบายถึงเหตุผลของความเหมือนและความต่างนั้นได้ สังเกตได้จากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนแสดงคำอธิบาย แต่นักเรียนไม่สามารถตอบครูได้

ชั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ ชั้นนี้นักเรียนต้องศึกษาข้อมูลอื่น ๆ จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโมเมนต์ และการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ของวัตถุ จากการทำ กิจกรรมพบว่า ทฤษฎีหรือข้อมูลที่นำมาให้นักเรียนศึกษามีความซับซ้อนเกินไปสำหรับนักเรียน นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำมาเขียนตามหัวข้อการเปรียบเทียบที่ครู กำหนดให้ได้ สังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนแอบดูเพื่อนข้าง ๆ อยู่เสมอ ไม่กล้าเขียนคำตอบลงไปใบกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่ กล่าวไว้ว่า

...“ทฤษฎีหรือแนวคิดที่นำมายาก และซับซ้อนเกินไปสำหรับบริบทของนักเรียน”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

เมื่อครูเข้าไปสอบถามนักเรียนเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบสาเหตุของพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา นักเรียนสะท้อนกลับมาว่า

...“หนูไม่รู้ว่าต้องเขียนยังไงคะครู”

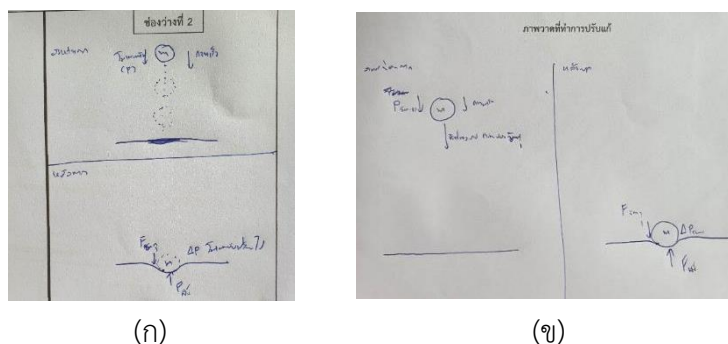
(นักเรียน 7, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

...“ผมแยกความแตกต่างไม่ออกครับ”

(นักเรียน 3, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัยจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการใหม่โดยมีการเพิ่มในส่วนของการอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีที่นำมาเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในขั้นนี้เป็นขั้นที่ใช้เวลานานกว่าที่กำหนดไว้มาก

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ขั้นนี้นักเรียนต้องนำความรู้ทั้งหมดที่ได้เรียนมาประเมินแบบจำลองที่ที่ผ่านมาของตนเอง เพื่อนำมาวาดภาพแบบจำลองที่มีความสมบูรณ์มากกว่าเดิม สามารถนำมาใช้อธิบายการเกิดโมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุได้ จากการสังเกต พบว่า ระหว่างการทำกิจกรรมนี้ นักเรียนมีความตั้งใจในการทำงาน เนื่องจากกิจกรรมที่ผ่านมามีนักเรียนที่ได้รับรางวัล และระดับความคืบหน้าน้อยมากทำให้นักเรียนรู้สึกว่าต้องมีการกระตุ้นตัวเองในการทำงาน ในบางช่วงของการทำงานนักเรียนมีการพูดคุยกันกับเพื่อนข้างเคียงมีทั้งเรื่องที่นอกเหนือจากเรื่องที่เรียน แต่มีบางส่วนของบทสนทนาที่พูดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง โดยภาพแบบจำลองหลังการปรับเปลี่ยนที่ออกมาส่วนใหญ่จะมีความเหมือนกับแบบจำลองในครั้งที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่มีความเข้าใจในการเปรียบเทียบหรืออาจจะยังไม่เข้าใจส่วนของการ ระบุ ใช้สัญลักษณ์ และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นดังภาพต่อไปนี้



(ก)

(ข)

ภาพ 10 แสดงการเปรียบเทียบภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนก่อนการปรับปรุง (ก)
และหลังการปรับปรุง (ข)

(นักเรียน 10, ใบกิจกรรมที่ 1.2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากการนำเสนอภาพวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไข พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองของตนเอง หรือการนำแบบจำลองของตนเองไปอธิบายการเกิดโมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุได้

ชั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ในชั้นนี้นักเรียนได้ฝึกการใช้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากสถานการณ์ในกิจกรรมและในหนังสือ เป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัว โดยในการทำกิจกรรมครั้งนี้เป็นการทำงานเป็นกลุ่มตามความสมัครใจของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แต่เนื่องด้วยเวลาในคาบเรียนไม่พอ นักเรียนจึงต้องนำงานไปทำในคาบว่างอื่น โดยนักเรียนแต่ละคนจะได้รับใบกิจกรรมที่มีสถานการณ์ ข้อคำถาม ส่วนของกลุ่มจะมีกระดาษเทาขาว และปากกาเมจิก นักเรียนแต่ละคนจะต้องทำความเข้าใจกับสถานการณ์และตอบคำถามในใบกิจกรรมตามความเข้าใจของตนเองก่อน จากนั้นจึงรวมกันอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในกลุ่มเพื่อทำออกมาเป็นชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เนื่องจากนักเรียนต้องทำงานนอกคาบเรียน ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตจึงไม่ได้มีการสังเกตการทำงานกลุ่มของนักเรียน แต่มีการสังเกตในส่วนของชิ้นงาน และการนำเสนองาน จากการฟังการนำเสนองานของนักเรียนสะท้อนให้เห็นได้ว่า สมาชิกภายในกลุ่มไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำงานนี้ทุกคน เพราะเมื่อทำการสุ่มถามให้นักเรียนอธิบาย นักเรียนไม่สามารถอธิบายในคำตอบที่กลุ่มตัวเองตอบได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาคำตอบจากชิ้นงานเดี่ยวของนักเรียน พบว่า คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่เหมือนกัน คาดการณ์ว่าเกิดจากการคัดลอกงานของเพื่อน แต่ในส่วนของงานกลุ่มนั้นมีการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ลักษณะของผลงานนักเรียนแต่ละกลุ่มมีองค์ประกอบและการเขียนตอบคำถาม ดังภาพต่อไปนี้



ภาพ 11 ชิ้นงานนักเรียนกลุ่มที่ 1 ที่มีการใช้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
กับสถานการณ์ใหม่

1.2 ชั้นที่ 4 ชั้นสะท้อนผล

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำเอาผลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยผู้วิจัย และผู้สังเกตมาทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอผลการสะท้อนตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน แสดงรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 15 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละ
ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
ขั้นที่ 1 การเข้าถึง ปรากฏการณ์	1. การใช้สถานการณ์ ใกล้ตัวมาให้นักเรียน ได้ทำการสังเกต นักเรียนมีความสนใจ และสามารถเข้าใจ สถานการณ์ได้ง่าย	1. คำถามที่เตรียมไว้มี การใช้คำพูดหรือภาษา ที่เป็นทางการเกินไป หรืออาจจะเข้าใจยาก ไปสำหรับนักเรียน	1. สถานการณ์ที่นำมาใช้ ควรเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ ตัว ไม่ซับซ้อน เพื่อให้ นักเรียนไม่เกิดความรู้สึก ว่าสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้มี ความยากเกินไป

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
	2. การตั้งเงื่อนไขใน การตอบคำถามของ ครูที่มีการให้เหรียญ นักพูด และการปรับ ระดับบนกระดาน ผู้นำช่วยให้นักเรียนมี การตอบคำถามมาก ขึ้นกว่าการเรียนปกติ สามารถสร้าง บรรยากาศแห่งการ เรียนรู้ที่ดี		2. ครูต้องมีการปรับ คำถามให้มีความเข้าใจง่าย และต้องใช้คำถามที่ เจาะจงมากขึ้นเพื่อให้ นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์ และแสดงออก ถึงความคิดได้อย่างเต็มที่
ขั้นที่ 2 สร้าง แบบจำลอง	-	1. นักเรียนมีปัญหาใน การวาดภาพ แบบจำลอง เนื่องจาก นักเรียนไม่มีความ เข้าใจในการวาดภาพ แบบจำลอง จึงไม่รู้ว่า จะต้องเริ่มต้น และวาด อย่างไร 2. ความไม่กล้าแสดง ความคิดเห็นของ นักเรียน หรือนักเรียน ไม่มีความมั่นใจตัวเอง จึงไม่กล้าที่จะลงมือทำ กิจกรรม ต้องดูของ เพื่อนหรือต้องถาม เพื่อน ถ้าข้อมูลหรือ ความคิดของเพื่อนตรง	1. ผู้วิจัยจึงต้องมีการ อธิบายถึงรูปแบบของการ วาดภาพแบบจำลองก่อน ว่ามีลักษณะอย่างไร นักเรียนควรจะเริ่มจาก ตรงไหน และผลที่ออกมา ควรเป็นเช่นไร 2. ผู้วิจัยควรใช้คำถามเพื่อ สอบถามความคิดเห็น หรือแนวทางในการวาด ภาพแบบจำลองของ นักเรียน เพื่อให้คำแนะนำ หรือการเสริมแรงทางบวก เช่น “หนูคิดได้ถูกทางแล้ว ลองปรับอีกนิดหนึ่ง” “แนวคิดนี้น่าสนใจครูจะ ให้เหรียญพร้อมเป็น

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
		กับของตนเองจึงจะลง มือทำ แต่ถ้าไม่ตรงกัน นักเรียนจะเกิดความไม่ มั่นใจและปรับเปลี่ยน ไปตามของเพื่อน	รางวัล”
ขั้นที่ 3 สํารวจและ ตรวจสอบเชิง ประจักษ์	1. การนำการทดลอง มาใช้เป็นรูปแบบหนึ่ง วิธีการหาข้อมูลและ ตรวจสอบข้อมูล เนื่องจากนักเรียนมี ความสนใจและสนุก ไปกับการทดลอง ร่วมถึงการที่นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติทำ กิจกรรมด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิด ความเข้าใจในสิ่งที่ เกิดขึ้นได้ง่ายกว่าการ ให้อ่านจากหนังสือ หรือใบความรู้ สังเกต ได้จากพฤติกรรมของ นักเรียนที่มีการ พูดคุยเพื่อ แลกเปลี่ยนข้อมูลใน การทดลองกับเพื่อน	1. นักเรียนไม่ได้มี โอกาสในการ ตั้งสมมติฐานก่อนการ สร้างแบบจำลองเพื่อ นำไปใช้ในการอธิบาย เหตุผลของการแก้ไข แบบจำลองเดิม ทำให้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ สามารถตั้งสมมติฐาน ได้อย่างถูกต้อง คือ ประโยคที่นักเรียน เขียนมานั้นเป็นรูปประ โยตในเชิงบอกเล่า มากกว่า การ ตั้งสมมติฐาน การ จัดการเรียนรู้ในครั้ง ถัดไปผู้วิจัยควรมีการ สอบถามนักเรียนถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับ การตั้งสมมติฐานของ นักเรียนก่อนว่า นักเรียนเข้าใจอย่างไร 2 รูปแบบการทดลองที่	1. การสืบค้นหรือ ตรวจสอบข้อมูลด้วย วิธีการทดลองเป็นวิธีการ หนึ่งที่ช่วยให้ให้นักเรียนเห็น ภาพ และเข้าใจ กระบวนการเรื่องราวของ สิ่งที่เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น 2. ครูควรมีการใช้คำถาม หรือการเน้นย้ำในส่วนของ การฝึกให้นักเรียนได้ ตั้งสมมติฐานเพื่อการ อธิบายมากขึ้น 3. ครูควรมีการอภิปราย ร่วมกับนักเรียนถึงผลการ ทดลองที่เกิดขึ้น เมื่อเสร็จ สิ้นกิจกรรม เพื่อช่วยให้ นักเรียนเข้าใจว่าผลของ การทดลองนี้สามารถเกิด ค่าความคลาดเคลื่อน อย่างไรได้บ้าง และผลที่ ควรจะเป็นนั้นเป็นเช่นไร

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
		<p>นำมาเป็นการทดลองที่ มีผลการทดลอง คลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากนักเรียนต้อง มีการจับเวลาเอง ทำ ให้นักเรียนแต่ละคนมี ผลการทดลองที่ แตกต่างกัน ซึ่งจุดนี้ ส่งผลให้นักเรียนเกิด ความสับสนของผลที่ เกิดขึ้น และส่งผลต่อ การสรุปผลที่ต้อง เชื่อมโยงไปถึง สมมติฐานที่นักเรียนตั้ง ไว้</p>	
<p>ขั้นที่ 4 ประเมิน แบบจำลอง</p>	-	<p>1. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ สามารถประเมิน แบบจำลองเดิมของ ตนเองได้ว่าควรมีการ ปรับเปลี่ยนหรือแก้ไข อย่างไร เนื่องจาก นักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจในการ วาดภาพแบบจำลอง</p>	<p>1. ครูควรใช้คำถามเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียนอีกครั้งก่อนให้ นักเรียนทำการประเมิน แบบจำลอง เพราะถ้า นักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจใน ข้อมูลใหม่ นักเรียน จะไม่สามารถประเมิน แบบจำลองเพื่อหาข้อ ปรับปรุงได้</p>
<p>ขั้นที่ 5 ประเมิน แบบจำลองด้วย แนวคิดอื่น ๆ</p>		<p>1. ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ นำมาให้นักเรียนได้ ศึกษานั้นมีความ</p>	<p>1. ครูควรเลือกทฤษฎีหรือ แนวคิดที่ไม่ยากหรือ ซับซ้อนเกินไป</p>

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
		<p>ซับซ้อน และยาก เกินไปสำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่ สามารถเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อมาสร้างคำอธิบาย ที่สมเหตุสมผลได้ เนื่องจากนักเรียนส่วน ใหญ่ในห้องไม่คุ้นชิน กับการอ่านและ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อมา ตอบคำถามเอง</p>	<p>2. ครูควรมีการสรุปถึง ทฤษฎีหรือแนวคิดนั้น ๆ ร่วมกับนักเรียน และมีการ ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบ ความเข้าใจของนักเรียน ก่อนให้นักเรียนตอบ คำถามตามหัวข้อที่กำหนด เพื่อที่นักเรียนจะสามารถ แสดงถึงความสามารถใน การนำความรู้ไปใช้ในการ อธิบายอย่างเป็นเหตุเป็น ผล</p>
<p>ขั้นที่ 6 ปรับปรุง และแก้ไข แบบจำลอง</p>	<p>1. นักเรียนรู้และ เข้าใจตัวแปรที่ เกี่ยวข้องแต่ยังคงมี ปัญหาการระบุ และใช้ตัวแปร เหล่านั้นมาสร้างเป็น แบบจำลองที่สมบูรณ์</p> <p>2. การให้รางวัลกับ นักเรียนเป็นการช่วย กระตุ้นให้นักเรียน เกิดแรงขับเคลื่อนใน การคิดเพื่อหาเหตุผล ในการมาสร้าง คำอธิบาย</p>	<p>-</p>	<p>1. ครูอธิบายถึงการระบุ หรือเลือกใช้สัญลักษณ์เพื่อ นำมาสร้างคำอธิบายแก่ นักเรียนก่อนการทำ กิจกรรม</p> <p>2. ครูควรใช้คำถามเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียน ตัวอย่างคำถาม เช่น จากสิ่งที่ครูอธิบาย นักเรียนเข้าใจอย่างไร อธิบายให้ครูฟังได้มั้ย เป็นต้น อาจใช้วิธีการสุ่ม ถามนักเรียนรายบุคคล การที่นักเรียนมีความ เข้าใจในการวาดภาพ แบบจำลองตั้งแต่ต้น จะ</p>

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
			<p>ช่วยให้นักเรียนสามารถ ระบุ และใช้สัญลักษณ์ใน การสร้างแบบจำลองเพื่อ นำไปอธิบายการเกิด โมเมนตัม และการ เปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ของวัตถุอย่างสมบูรณ์ได้</p>
<p>ขั้นที่ 7 ใช้ แบบจำลองทำนาย และอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ</p>	<p>1. การใช้สถานการณ์ ใหม่และข้อคำถาม ใหม่เพื่อให้นักเรียน แสดงถึง ความสามารถในแต่ ละตัวบ่งชี้ ทำให้ สามารถประเมินได้ อย่างชัดเจนว่า นักเรียนเกิด สมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์ได้ และ เนื่องด้วยสถานการณ์ ที่นำมาใช้นั้นเป็น สถานการณ์ใกล้ตัว นักเรียนเคยพบเจอ ในชีวิตจริง ทำให้ นักเรียนสามารถ เข้าใจสถานการณ์ได้ ง่ายมากขึ้น และ สามารถตอบคำถาม</p>	<p>1. นักเรียนไม่มีการ แบ่งงานหรือมีการ แลกเปลี่ยนข้อมูล ร่วมกัน และมีการ คัดลอกข้อมูลของ เพื่อน ในการจัด กิจกรรมครั้งต่อไปครู ควรจัดสรรเวลาให้ เหมาะสมเพื่อให้ทุก กิจกรรมสามารถจัดใน ห้องเรียนได้</p> <p>2. เวลาที่ใช้ในการทำ กิจกรรมไม่เพียงพอ</p>	<p>1. ครูควรมีการตั้งกติกาใน การทำงานร่วมกัน คือ ใน การนำเสนองานครูจะใช้ วิธีการสุ่มในการเลือก ตัวแทน เพื่อให้นักเรียน เกิดความกระตือรือร้นใน การต้องรู้ข้อมูลเกี่ยวกับ งานของตนเอง</p> <p>2. ครูควรเปิดโอกาสให้ นักเรียนได้เสนอแนะหรือ แสดงความคิดเห็นอย่าง เป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับ สถานการณ์ที่นำมาใช้ว่ามี ความเหมาะสม และ สอดคล้องกับเรื่องที่เรียน อย่างไร</p>

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/ การพัฒนา
	ได้ดี 2. การใช้ องค์ประกอบของเกม ในส่วนของการให้ ข้อเสนอแนะ สามารถช่วยฝึกให้ นักเรียนได้เกิดการ แสดงความคิดเห็น ออกมาอย่างเป็นเหตุ เป็นผล		

2. การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 2

การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โมเมนตัม และการชนในหัวข้อย่อย เรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ชั้นที่ 1 ชั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนจากการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ผล และพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข และปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ

จากการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้มีการแบ่งผลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อดี และข้อปัญหา ในส่วนของข้อดีนั้นผู้วิจัยจะนำไปใช้เพื่อพัฒนา และในส่วนข้อปรับปรุงนั้น ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไข และปรับปรุง จากการวิเคราะห์ผลทั้งหมดนำไปสู่การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ ทำการวางแผนโดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันทั้งหมด 7 ขั้นตอน ต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

ชั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง

ชั้นที่ 3 สืบค้นและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ชั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สถานการณ์การชนกันของลูกบิลเลียด มาเป็นสถานการณ์ในการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาในเรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ นักเรียนทำการสังเกต และวาดภาพแบบจำลองเพื่อนำไปใช้อธิบายการอนุรักษ์โมเมนตัมของวัตถุ จากนั้นจะใช้สถานการณ์การชนกันของวัตถุมาเป็นกิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการสร้างข้อมูลใหม่ขึ้นมา และสืบค้นข้อมูลผ่านทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลใหม่เชื่อมโยงกับข้อมูลเดิมเพื่อประเมิน และปรับปรุงภาพวาดแบบจำลองของตนเองให้มีความสมบูรณ์ สถานการณ์สุดท้ายเป็นสถานการณ์ที่ใช้สำหรับการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นสถานการณ์เกี่ยวกับการให้นักเรียนเป็นผู้ออกแบบกันชนบนทางโค้งหน้าโรงเรียน ในกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้นี้ครูจะไม่เป็นผู้ติดเหรียญนักพูด หรือปรับระดับ หรือเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำ แต่จะให้นักเรียนเป็นผู้ติดเหรียญและปรับระดับด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเอง

2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินกิจกรรม ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ ในขั้นตอนนี้มีการเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์การชนกันของลูกบิลเลียด โดยครูทำการตรวจสอบความรู้เดิมจากคาบก่อนหน้านี้ โดยใช้คำถามต่อไปนี้ 1) การเกิดโมเมนตัมของวัตถุ จะเกิดกับวัตถุแบบใด เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น 2) วัตถุหนึ่งจะสามารถมีค่าโมเมนตัมคงที่ตลอดการเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด 3) นักเรียนคิดว่าลูกบิลเลียด 2 ลูกเกิดการชนกัน โมเมนตัมที่เกิดขึ้นกับลูกบิลเลียด ทั้งสองจะเป็นเช่นไร เพราะอะไรนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบของนักเรียนแต่ละคน โดยครูจะใช้คำพูดเชิงบวกกับนักเรียนที่ตอบผิด เช่น คำตอบของนักเรียนใกล้จะถูกต้องแล้ว คำตอบนี้ถูกต้องบางส่วน ครูให้เวลาในการคิดเพิ่มเติมอีกนิด เป็นต้น หลังจากนั้นครูเปิดคลิปวิดีโอการชนกันของลูกบิลเลียดให้นักเรียนได้ชมก่อนการเปิดคลิปวิดีโอครูมีการใช้คำถามตรวจสอบประสิทธิภาพของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว จากนั้นครูทำการเปิดคลิปวิดีโอ แล้วให้นักเรียนทำการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นโดยครูทำการเปิดคลิปจำนวน 2 ครั้ง หลังจากชมคลิปครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายโดยมีกติกาเดิมคือจะมีการให้เหรียญนักพูดแก่นักเรียนที่ตอบคำถาม คำถามที่ครูใช้ ประกอบด้วยคำถามต่อไปนี้

1) ลูกบิตเลียตที่นักเรียนเห็นในคลิปวิดีโอมีเกิดโมเมนตัมหรือไม่ เพราะเหตุใด 2) การชนกันของลูกบิตเลียตส่งผลต่อปริมาณโมเมนตัมของลูกบิตเลียตนั้น ๆ หรือไม่ อย่างไร 3) ลักษณะการชนของลูกบิตเลียตในแต่ละครั้งลักษณะเดียวหรือไม่ อย่างไร 4) หลังจากที่ลูกบิตเลียตชนกัน ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกบิตเลียตทั้งสองเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร 5) ปริมาณโมเมนตัมก่อนชน และหลังชนของลูกบิตเลียตทั้งสองจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงคำตอบ และนักเรียนที่ตอบคำถามจะทำการติดเหรียญนักพูด และปรับเพิ่มความก้าวหน้าที่บนกระดานผู้นำของตนเอง

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการวาดภาพแบบจำลองของตนเองเป็นแบบจำลองแรก โดยครูอธิบายถึงใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่อง ภาพการชน โดยในกิจกรรมนี้จะให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองการเกิดโมเมนตัมของการชนในแต่ละแบบลงในช่องว่างแรกของใบกิจกรรม ซึ่งลักษณะการชน และโมเมนตัมที่เกิดขึ้นจะมีที่แบบนั้นขึ้นอยู่กับการสังเกตและการคาดการณ์ของนักเรียนแต่ละคน ก่อนที่นักเรียนจะทำการวาดภาพแบบจำลองของตนเองนั้น ครูทำการอธิบายถึงรูปแบบของภาพวาดแบบจำลองว่าควรมีลักษณะภาพการชนกันของวัตถุ ในที่นี้นักเรียนจะใช้เป็นลูกบิตเลียตก็ได้ จากนั้นให้นักเรียนแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ก่อนชน และหลังชน โดยทั้งก่อนชนและหลังชนวัตถุควรมีลักษณะเป็นเช่นไรให้นักเรียนวาดตามที่สังเกตเห็นหรือการคาดการณ์ ควรมีการระบุ และใช้สัญลักษณ์หรือตัวแปรใด ให้นักเรียนเขียนประกอบมาด้วย สุดท้ายแล้วภาพวาดแบบจำลองนั้นต้องสามารถนำไปใช้อธิบายการเกิดโมเมนตัมของวัตถุที่เกิดการชนกันได้ เมื่อครูอธิบายจบ มีการเรียกชื่อนักเรียนเพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายรูปแบบของแบบจำลองให้เพื่อนในชั้นเรียนฟังอีกครั้ง จากนั้นมีการสุ่มถามนักเรียนคนอื่น ๆ ว่าเพื่อนเข้าใจถูกหรือไม่ สุ่มถามไปเรื่อย ๆ จนแน่ใจว่านักเรียนทุกคนเข้าใจตรงกัน จากนั้นจึงให้นักเรียนลงมือวาดภาพแบบจำลองของตนเองลงในใบกิจกรรม โดยในครั้งนี้อาจไม่มีการออกมานำเสนอ เพื่อกระชับเวลาในการทำกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 3 สํารวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจเดิมของตนเอง โดยครูอธิบายถึงใบกิจกรรมที่ 3.2 เรื่อง การทดลอง โดยกิจกรรมนี้จะให้นักเรียนแต่ละคนทำการทดลองผ่านการใช้สถานการณ์จำลอง PhET เรื่องการชนของวัตถุผ่านมือถือของนักเรียนเอง ก่อนทำการทดลองนักเรียนต้องทำการตั้งสมมติฐานให้มีความสอดคล้องกับผลที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองลงในใบกิจกรรม หลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้นนักเรียนต้องตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง ในส่วนของการตอบคำถามนักเรียนสามารถทำการสืบค้นข้อมูลจากในหนังสือหรือแหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อให้คำตอบของนักเรียนมีคำอธิบายที่สมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อครูอธิบายกิจกรรมเสร็จสิ้น ตัวแทนนักเรียนออกมาอธิบายกิจกรรมอีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจในการทำกิจกรรมของนักเรียน ขณะทำ

การทดลองครูจะคอยเดินดูนักเรียน และเข้าไปคอยให้คำแนะนำสำหรับนักเรียนที่อาจเกิดปัญหาในการทำกิจกรรม เมื่อนักเรียนทำการทดลองเสร็จสิ้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงผลที่เกิดขึ้น รวมถึงสมมติฐานที่นักเรียนได้ตั้งไว้ เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนสามารถดำเนินการตอบคำถามหลังการทดลองได้ โดยในระหว่างที่นักเรียนทำการตอบคำถามครูได้ตั้งกฎไว้ว่าถ้าตอบนักเรียนเหมือนกับเพื่อน หรือเป็นข้อความที่คัดลอกมาจะถูกลดเหรียญนักพูด นักเรียนสามารถพูดคุยเพื่อและเปลี่ยนข้อมูลได้ แต่สิ่งที่เขียนลงไปต้องมาจากความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเอง หลังจากนักเรียนตอบคำถามเสร็จครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยคำตอบของคำถามนั้น ๆ และสรุปความรู้ออกมาเป็น 3 ประเด็น คือ ประเด็นที่ 1 รูปแบบและลักษณะการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ประเด็นที่ 2 ผลรวมของโมเมนตัมที่เกิดขึ้นก่อน และหลังชนที่ต้องเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และประเด็นที่ 3 พลังงานที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับในการชน ได้แก่ พลังงานจลน์

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองขั้นที่สองโดยการใช้ความรู้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยครูอธิบายรายละเอียดของกิจกรรมนี้ ว่าให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทดลองและการตอบคำถามจากขั้นก่อนหน้านี้มาวาดภาพแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายการชนของวัตถุตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมอีกครั้งหนึ่ง ให้วาดลงในใบกิจกรรมที่ 3.1 ในช่องว่างที่สอง โดยนักเรียนทำการปิดแบบจำลองเดิมไว้ เพื่อไม่ให้ตัวเองเกิดความสับสน เมื่อวาดภาพแบบจำลองเสร็จสิ้นให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเดิมและแบบจำลองใหม่นี้ว่ามีความแตกต่างจากเดิมหรือไม่อย่างไร ให้นักเรียนเขียนความแตกต่างลงใต้รูปภาพ เมื่อครูอธิบายเสร็จตัวแทนนักเรียนที่ถูกเรียกออกมาด้วยวิธีการสุ่มทำการอธิบายกิจกรรมให้เพื่อนฟังอีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในกิจกรรมครูตั้งเงื่อนไขไว้ว่าให้นักเรียนทุกคนอยู่กับความคิดของตัวเอง โดยไม่มีการพูดคุยหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนถ้าใครมีการแอบมองหรือถามเพื่อนจะถูกลดระดับความก้าวหน้าลง แต่ถ้าใครทำเสร็จด้วยตนเองจะถูกเพิ่มระดับความก้าวหน้าเป็นสองเท่า

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ ในขั้นนี้นักเรียนทำการศึกษาข้อมูลจากสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อลองเปรียบเทียบว่าสามารถนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นใหม่ของตนเองมาใช้อธิบายได้หรือไม่ โดยครูอธิบายรายละเอียดของใบกิจกรรมที่ 3.3 ต่างหรือเหมือน ในกิจกรรมนี้ครูจะให้นักเรียนทำการศึกษาสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ การชนของรถกับผนัง และการชนกันของดาวเคราะห์ โดยครูจะส่งลิงค์คลิปวิดีโอผ่านแชทห้อง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำการศึกษา จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วเขียนอธิบายตามหัวข้อที่ครูกำหนดไว้ในใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย รายละเอียดของเหตุการณ์ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับการชนและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมอย่างไร และวาดภาพแบบจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อนักเรียนเขียนข้อมูลตามหัวข้อที่กำหนดแล้ว ให้นักเรียนนำแบบจำลองที่ตนเองทำไว้มานำมาเปรียบเทียบว่าแบบจำลองของตนเองสามารถนำมาใช้อธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร โดยให้เขียนอธิบายข้อสังเกตของตนเองไว้ได้

ตารางข้อมูล ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้จากการเรียนทั้งหมดมาประเมินแบบจำลองของตนเองอีกครั้งเพื่อทำการปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง โดยครูอธิบายรายละเอียดตามใบกิจกรรมที่ 3.4 การเปลี่ยนแปลง โดยให้นักเรียนเอาข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดมาทำการประเมินแบบจำลองครั้งล่าสุดของนักเรียนว่าแบบจำลองนั้นสามารถนำไปใช้เพื่ออธิบายสถานการณ์การชนตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ครอบคลุมทั้งหมดหรือไม่ โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของนักเรียนว่าทำไมถึงต้องปรับแก้ ควรปรับแก้ที่จุดไหน ขณะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองเพื่อสร้างแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์ จากนั้นนักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง แล้วให้เพื่อนในชั้นร่วมกันออกเสียงเพื่อเลือกแบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุด โดยนักเรียนที่ได้รับเลือกจะได้รับการเพิ่มระดับของตนเอง ส่วนนักเรียนที่สามารถทำกิจกรรมเสร็จได้ทันเวลาจะได้รับความก้าวหน้าในกระดานผู้นำ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพ 12 การเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของนักเรียน

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่คัดเลือกจากครั้งก่อนหน้านี้มาใช้กับสถานการณ์ใหม่ โดยครูอธิบายรายละเอียดของใบกิจกรรมที่ 4 ว่าให้นักเรียนแต่ละคนทำการศึกษาสถานการณ์ทางโค้งบนถนนหน้าโรงเรียน และตอบคำถามในใบกิจกรรมตามความเข้าใจของตนเองโดยคำถามในใบกิจกรรมเป็นคำถามที่ใช้ในการประเมินครอบคลุมตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้จับกลุ่ม โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ในครั้งนี้ครูเป็นผู้เลือกสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นให้สมาชิกในกลุ่ม

ร่วมกันอภิปรายถึงสถานการณ์ และคำตอบของตนเองเพื่อลงความคิดเห็นร่วมกันและสร้างออกมาเป็นชิ้นงานของกลุ่ม ช่วงของการตอบคำถามในใบกิจกรรมครูจะทำการสังเกตและสอบถามนักเรียนที่เขียนเพียงคำตอบ แต่ไม่มีการอธิบายเพื่อให้นักเรียนเขียนคำตอบที่สมบูรณ์มากขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้เสร็จสิ้นเพียงในส่วนของการทำกิจกรรมของนักเรียนรายบุคคล เนื่องจากหมดเวลานักเรียนจึงต้องทำงานกลุ่มนอกเวลา และหาเวลามานำเสนองานกับครู ก่อนจบคาบเรียนครูได้ทำการสรุปผลบนกระดานผู้นำและมอบเหรียญทองแก่นักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงสุดในคาบนี้

2.3 ชั้นที่ 3 ชั้นสังเกต

ในการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือ คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอข้อมูลจากการสังเกตตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

การใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนมาเป็นสถานการณ์นำเข้าสู่บทเรียนนั้นเป็นการดึงความสนใจของนักเรียน โดยเฉพาะนักเรียนที่มีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีความตั้งใจในการสังเกตรูปแบบการชนของลูกบิลเลียดในคลิป รวมถึงมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคลิป ดังผลการสะท้อนของผู้วิจัยได้กล่าวว่

...“ในขณะที่นักเรียนมีการชมคลิปวิดีโอ ได้มีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์การเล่น และการพบเจอลักษณะการชนของลูกบิลเลียด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานการณ์นี้สามารถช่วยให้นักเรียนสนใจที่จะแสดงความคิดเห็น”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 14 กุมภาพันธ์ 2566)

จากนั้นครูมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์ข้างต้น ระหว่างการตอบคำถามนักเรียนมีการอภิปรายคำตอบของเพื่อนโดยที่ครูไม่ต้องพุดนำ ซึ่งสังเกตได้ว่าการใช้คำถามในลักษณะปลายเปิด แล้วมีการใช้คำที่ส่งเสริมต่อการคิดอย่างมีเหตุผลสามารถช่วยกระตุ้นการคิดของนักเรียนได้ รวมถึงการใช้เหรียญนักพุดมาเป็นแรงจูงใจในการตอบคำถามก็สามารถทำให้ครูรับรู้ถึงความคิดของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“มีการใช้คำถามที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และการใช้เหตุผล”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 14 กุมภาพันธ์ 2566)

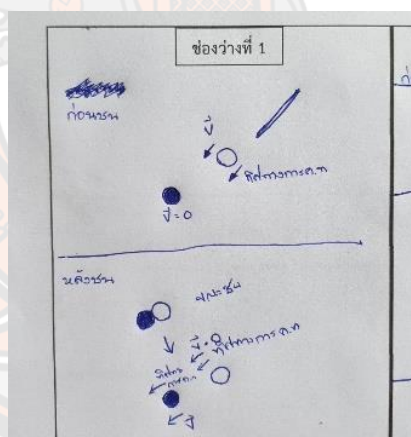
ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง

เนื่องจากครูได้อธิบาย และยกตัวอย่างการวาดภาพแบบจำลองให้นักเรียนได้รับฟังอย่างละเอียดรวมถึงนักเรียนเริ่มมีประสบการณ์ในการวาดภาพแบบจำลองจากการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้านี้แล้ว ทำให้การวาดภาพแบบจำลองครั้งนี้เมื่อนักเรียนต้องวาดภาพแบบจำลองเพื่ออธิบายการเกิดโมเมนต์ของวัตถุที่ชนกันนักเรียนจึงสามารถลงมือปฏิบัติได้โดยง่าย และมีพฤติกรรมการแอบมองเพื่อนน้อยลง สนใจงานของตนเองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวไว้ว่า

...“มีการอธิบายรูปแบบของแบบจำลองที่ชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน แม้อาจจะไม่ทั้งหมด แต่ก็ดีขึ้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 14 กุมภาพันธ์ 2566)

ในส่วนของการระบุ และเลือกใช้สัญลักษณ์ในการนำมาอธิบายนั้นนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง สังเกตได้จากข้อมูลในใบกิจกรรมนักเรียน ซึ่งแสดงต่อไปนี้



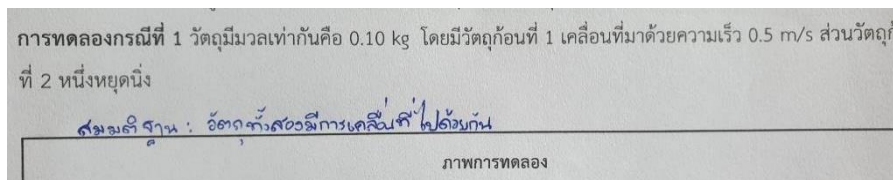
ภาพ 13 ภาพวาดแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง ที่ได้จากการสังเกต

(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 3.1, 14 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 3 สํารวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ในขั้นนี้นักเรียนมีความตื่นตัวกับการทดลองโดยใช้สถานการณ์จำลอง PhET ผู้วิจัยสังเกตจากสีหน้า และท่าทางของนักเรียนที่มีความตั้งใจในฟังคำอธิบาย และกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม อาจเนื่องด้วยสถานการณ์จำลอง PhET เป็นสื่อที่ความน่าสนใจ ใช้งานง่ายไม่ยากเกินไปสำหรับนักเรียน รวมถึงผลที่ออกมาไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนจึงทำให้นักเรียนไม่สับสนกับความแตกต่างที่จะเกิดขึ้น มีความมั่นใจในการปฏิบัติกิจกรรมของตนเองมากขึ้น ในการตั้งสมมติฐานก่อน

การทดลองในครั้งนี้นักเรียนมีความเข้าใจในการตั้งสมมติฐานมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังเขียนสมมติฐานออกมาไม่ตึก ยังไม่มีความสอดคล้องไปถึงการทดลอง และมีการใช้ประโยคในรูปแบบของบอกเล่าสังเกตได้จากข้อความสมมติฐานในใบกิจกรรมของนักเรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

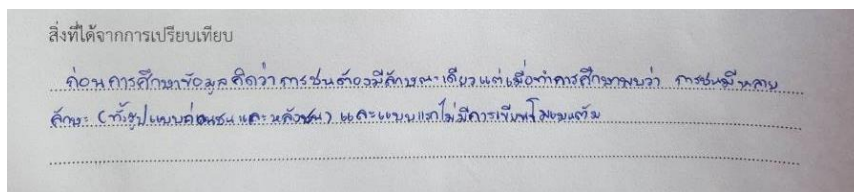


ภาพ 14 การเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลอง เรื่องการชนของวัตถุ
(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 3.2, 14 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังจากปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเสร็จสิ้นนักเรียนสามารถนำเอาความรู้จากการทดลองมาใช้อธิบายผลการทดลองได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังตัวอย่างคำอธิบายของนักเรียน เช่น ผลรวมของโมเมนตัมก่อน และหลังชนมีค่าเท่ากัน เพราะเมื่อนำค่าโมเมนตัมแทนในสมการผลออกมาว่าผลรวมของโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเท่ากัน ไม่ว่าจะป็นกรณีใด ๆก็ตาม ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลที่ได้จากการทดลอง คือ ไม่ว่าจะป็นการชนในกรณีไหนสุดท้ายผลรวมของก่อนจะเท่ากับหลังชนเสมอ เนื่องมาจากเมื่อนำค่าของโมเมนตัมแทนในสมการกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมแล้วค่าของก่อนชนเท่ากับหลังชน อาจจะเป็นเพราะในการทดลองไม่มีปัจจัยหรือแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งไม่ตรงกับสมมติฐานค่ะ เป็นต้น นอกจากนี้การร่วมกันสรุปผลหลังจากทดลอง และอภิปรายคำตอบของนักเรียนหลังจากการทำกิจกรรมทำให้นักเรียนเข้าใจถึงสิ่งที่กำลังเรียนรู้มากขึ้น และเริ่มมีการอธิบายเหตุผลของคำตอบเองได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง

จากการสังเกตนักเรียนในการประเมินแบบจำลองในครั้งนี้นักเรียนสามารถทำได้ดีกว่าครั้งก่อนหน้านี้ เป็นผลมาจากนักเรียนเข้าใจรูปแบบของการวาดภาพแบบจำลอง และกระบวนการทำงาน รวมถึงสามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับปริมาณและทิศทางของการเคลื่อนที่และตัวแปรถูกต้องมากขึ้น สังเกตได้จากข้อมูลจากใบกิจกรรม



ภาพ 15 ข้อความการเขียนแสดงความแตกต่างของแบบจำลองของนักเรียนจากการทำกิจกรรม
ประเมินแบบจำลอง

(นักเรียน 3, ใบบัณฑิตที่ 3.1, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

รวมถึงนักเรียนมีความรู้สึกยินดีทุกครั้งเมื่อตนเองทำงานเสร็จตามกำหนดเวลา
สังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียนที่เมื่อนักเรียนทำงานเสร็จจะรีบมาหาครูเพื่อขอเลื่อนระดับ และ
เพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของตนเอง แม้ว่าชิ้นงานที่ออกมาจะไม่ได้สมบูรณ์ แต่นักเรียนส่วนใหญ่
ก็ยังสามารถทำด้วยตนเองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของผู้วิจัยว่า

...“การให้นักเรียนเป็นผู้ปรับระดับหรือเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของตนเอง
ช่วยสร้างแรงกระตุ้นในการทำงานของตนเองมากขึ้น รวมถึงการไม่แสดงคำพูดหรือพฤติกรรมเชิงลบ
ให้นักเรียนทำให้นักเรียนมั่นใจในความคิดของตัวเองมากขึ้น”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

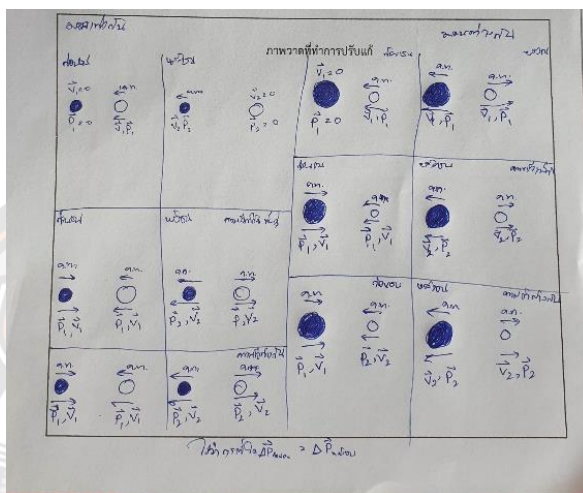
การใช้ทฤษฎีหรือแนวคิดที่เข้าใจง่ายสามารถช่วยให้นักเรียนรู้สึกเชิงบวกกับการ
เรียนรู้ สังเกตได้จากความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อทฤษฎีหรือแนวคิดในใบบัณฑิตที่กล่าวว่า เช่น
รอบนี้เข้าใจกว่ารอบนั้นเยอะเลยครับ, หนูว่าแบบนี้เข้าใจง่ายกว่าค่ะ ไม่ยากเหมือนครั้งก่อน เป็นต้น
ผลของการที่ใช้ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ไม่ซับซ้อนทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย และสามารถเขียนอธิบาย
ตามหัวข้อที่ครูกำหนดได้ตัวครั้งก่อนหน้านี้ สังเกตได้จากพฤติกรรมการทำงานของนักเรียนที่เมื่อครู
แจกใบบัณฑิตให้นักเรียนสามารถลงมือทำโดยที่ไม่แสดงอาการตกใจหรือนิ่งไปเหมือนการเรียนรู้ใน
ครั้งก่อนหน้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตว่า

...“ทฤษฎีหรือแนวคิดที่นำมาใช้มีความง่าย และเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน
มากกว่าแผนก่อนหน้านี้ ส่งผลให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ดีขึ้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

จากการสังเกตนักเรียนในการปรับแก้แบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในการเปรียบเทียบข้อมูล และสามารถอธิบายถึงสาเหตุของการปรับแก้ได้ชัดเจนมากขึ้น แม้ว่าแบบจำลองที่สร้างใหม่นี้อาจจะยังไม่สมบูรณ์มากนัก แต่ก็มีการพัฒนาในด้านการระบุ และใช้สัญลักษณ์ ตามตัวอย่างของแบบจำลองดังนี้



ภาพ 16 ภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนทำการปรับปรุง แก้ไข
(นักเรียน 3, ไบกิจกรมที่ 3.4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

นอกจากนี้ในการนำเสนอแบบจำลองนักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล สังเกตได้จากนักเรียนสามารถอธิบายโดยมีการอ้างอิงถึงผลงานจลน์ การใช้สมการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เป็นต้น อีกทั้งนักเรียนสามารถตอบคำถามของเพื่อนได้อย่างชัดเจนแม้จะยังไม่ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับผลสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“นักเรียนตอบคำถามได้ดีขึ้นในช่วงการนำเสนอแบบจำลอง”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

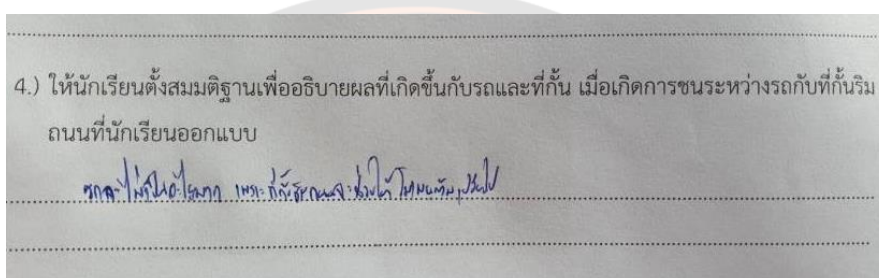
ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

สถานการณ์ที่นำมาใช้สามารถสร้างความสนใจแก่นักเรียนได้ สังเกตจากการที่เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วเกิดการพูดคุยกับเพื่อนข้าง ๆ และระหว่างการตอบคำถามในไบกิจกรม นักเรียนมีความตั้งใจในการทำงานมากขึ้น และมีความกล้าที่จะเข้ามาถามครูมากกว่าการถามเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“สถานการณ์ที่นำมาใช้มีความน่าสนใจ สามารถให้นักเรียนเกิดความตั้งใจในการทำงานมากขึ้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

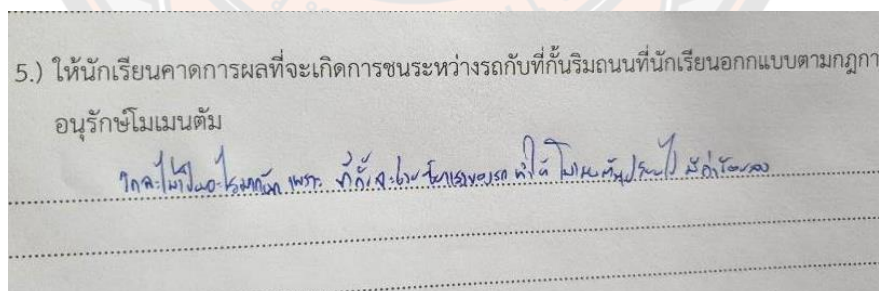
เมื่อสังเกตการตอบคำถามในใบกิจกรรมของข้อคำถามที่ให้นักเรียนเขียนเสนอสมมติฐาน พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถแยกระหว่างการตั้งสมมติฐานและการพยากรณ์ออกจากกันได้ ดังตัวอย่างการเขียนเสนอสมมติฐานของนักเรียน ต่อไปนี้



ภาพ 17 การเขียนสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์การชน

(นักเรียน 13, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ จะเห็นได้ว่า แม้ว่าจะสามารถตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้น แต่ยังมีการใช้คำตอบของการตั้งสมมติฐานไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้



ภาพ 18 การเขียนพยากรณ์เพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์การชน

(นักเรียน 13, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

2.4 ชั้นที่ 4 ชั้นสะท้อนผล

ชั้นนี้ผู้วิจัยได้นำเอาผลการสังเกตที่ได้จากเครื่องมือแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ซึ่งบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกตมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป ซึ่งผู้วิจัย

นำเสนอผลการสะท้อนตามลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้งหมด 7 ขั้นตอน แสดงรายละเอียดตามตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 16 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การพัฒนา
ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์	1. สถานการณ์ที่นำมาใช้เข้าสู่เนื้อหา มีความเหมาะสม น่าสนใจ สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจ ความสำคัญของสถานการณ์ได้ง่าย 2. การใช้เหรียญนักพูด การเพิ่มระดับ และการปรับความก้าวหน้าโดยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการออกไปรับหรือคิดเหรียญเองช่วยสร้างแรงกระตุ้นในการคิดของนักเรียนได้มากขึ้น สามารถสร้างความสนใจและบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น	-	1. ครูควรใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน หรือสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ถ้าเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์ตรงจะสามารถช่วยสร้างแรงจูงใจในการสังเกต และการวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียนดีขึ้น
ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง	1. การให้ความรู้หรือมีการอธิบายเกี่ยวกับ	1. นักเรียนบางส่วนยังคงมีความสับสนกับ	1. ครูควรมีการอธิบายถึงความหมาย ลักษณะ และ

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
	แบบจำลองให้แก่ นักเรียนได้ฟังก่อน การลงมือปฏิบัติ สามารถช่วยสร้าง ความเข้าใจในการ ระบุ และใช้ สัญลักษณ์ของ นักเรียนได้ดีขึ้น	การเลือกใช้สัญลักษณ์ และตัวแปรในการ นำมาใช้ในแบบจำลอง และเป็นนักเรียนกลุ่ม เดิม	วิธีการวาดภาพแบบจำลอง ให้ชัดเจนมากขึ้น 2. ครูควรเข้าหานักเรียนบาง กลุ่มที่มีปัญหาในการเรียนรู้ ให้มากขึ้น และควรใช้คำถาม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ของนักเรียน
ขั้นที่ 3 สํารวจและ ตรวจสอบเชิง ประจักษ์	1 การทดลองโดยใช้ สถานการณ์จำลอง ผ่าน PhET เป็นสื่อที่ นักเรียนให้ความ สนใจและตื่นตัวใน การเรียนรู้ อาจ เนื่องมาจากรูปแบบ ของการทดลองไม่ ยุ่งยาก และสะดวก เพราะมีการ ประมวลผลออกมา เป็นตัวเลขที่คงที่ ทำให้นักเรียนไม่เกิด ความสับสน 2. การสรุปข้อมูล หลังจากการทดลอง และการตอบคำถาม ในมบบกิจกรรม ระหว่างครูและ นักเรียน ช่วยให้	1. นักเรียนยังคงมี ปัญหาในการ ตั้งสมมติฐานก่อนการ ทดลอง เนื่องจาก นักเรียนบางคนเขียน สมมติฐานที่ไม่ สอดคล้องกับการ ทดลอง แม้ในช่วงต้น ครูจะมีการอธิบายถึง การตั้งสมมติฐานให้ นักเรียนรับฟังแล้ว	1. ในกิจกรรมการทดลอง ครั้งต่อไปควรมีการใช้สื่อ เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจะ สามารถสร้างความน่าสนใจ ในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น 2. ครูควรมีการกำชับ และ อาจใส่รายละเอียดของการ ตั้งสมมติฐานให้มากขึ้น หรือ เรียกนักเรียนที่มีปัญหา มาพูดคุยเพื่อหาสาเหตุของ ปัญหาที่แท้จริงอีกครั้ง

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
	นักเรียนเชื่อมโยง ความรู้ได้ดีขึ้น		
ขั้นที่ 4 ประเมิน แบบจำลอง	-	1. นักเรียนยังไม่ สามารถเขียนอธิบาย เหตุเป็นผลของการ ประเมินแบบจำลองได้ เมื่อครูถามหรือเพื่อน ถามยังไม่สามารถนำ ความรู้ตามหลักการมา อธิบายคำตอบนั้นได้ ซึ่งนักเรียนที่มีปัญหา ทั้ง 2 ประเด็นจะเป็น นักเรียนกลุ่มเดียวกัน	1. ครูควรอธิบายเกี่ยวกับ รูปแบบ หรือวิธีการที่ใช้ใน การประเมินแบบจำลองให้มี ความชัดเจนมากขึ้น
ขั้นที่ 5 ประเมิน แบบจำลองด้วย แนวคิดอื่น ๆ	1.การเลือกใช้ สถานการณ์ใกล้ตัวมา เป็นแนวคิดหรือ ทฤษฎีที่นักเรียนได้ ศึกษา เพราะนักเรียน สามารถเข้าใจ ภาพรวมของข้อมูลได้ ง่ายกว่า และสามารถ สร้างความน่าสนใจ ในการเรียนรู้ รวมถึง เป็นการเชื่อมโยง ระหว่างภาพวาด แบบจำลองและ ข้อมูลได้ชัดเจน	1. นักเรียนยังคงไม่ สามารถนำความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มาสร้าง เป็นคำอธิบายได้	1. ครูควรมีการสอบถาม นักเรียนเป็นระยะ ๆ เพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียน และให้นักเรียนได้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอย่าง เป็นขั้นตอน
ขั้นที่ 6 ปรับปรุง	1. การที่ครูมีการใช้		1. ครูควรใช้คำถามที่กระตุ้น

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
และแก้ไข แบบจำลอง	คำถามในการ ตรวจสอบความ เข้าใจของนักเรียน ก่อนการประเมินเพื่อ ปรับปรุง และแก้ไข แบบจำลอง ทำให้ นักเรียนสามารถเกิด กระบวนการคิด และ เชื่อมโยงข้อมูลได้เป็น ขั้นตอนมากขึ้น แม้ว่าปัญหาด้านการ ระบุ และใช้ สัญลักษณ์ทาง วิทยาศาสตร์ของ นักเรียนยังไม่ดีมาก พอ แต่สามารถ พัฒนาต่อไปได้		การคิดเชิงเหตุผลของ นักเรียน และมีการทบทวน ถึงสัญลักษณ์ และตัวแปรอีก ครั้ง โดยเฉพาะนักเรียนที่ยัง มีปัญหาในเรื่องนี้ครูต้องให้ ความสำคัญเป็นพิเศษ
ขั้นที่ 7 ใช้ แบบจำลองทำนาย และอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ	1. การเลือกใช้ สถานการณ์ และข้อ คำถามในใบกิจกรรม ที่เหมาะสมต่อ นักเรียน เนื่องจาก เป็นสถานการณ์ที่ ใกล้ตัว และมีความ ท้าทายในการทำ กิจกรรมทำให้ นักเรียนสนใจ และ ปฏิบัติกิจกรรมได้	1. จากการตอบคำถาม ของนักเรียน แสดงให้ เห็นว่านักเรียนส่วน ใหญ่ยังคงไม่สามารถ แสดงถึงความสามารถ ตามบ่งชี้ทั้ง 5 ของ สมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์ได้ดีนัก 2. ระยะเวลาที่ใช้ใน การจัดกิจกรรมนาน	1. ในการจัดการเรียนรู้ครั้ง ต่อไปควรมีการร่วมกัน วิเคราะห์ข้อมูลของคำตอบ ในแต่ละข้อระหว่างครูกับ นักเรียน 2. ครูควรจัดสรรเวลาในการ ทำกิจกรรมให้ดี และกระชับ

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
กว่าที่กำหนดไว้			

3. การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3

การดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นการเรียนรู้ในเรื่อง การติดตัวในหนึ่งมิติ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ชั้นที่ 1 ชั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนจากการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ผล และพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้มีการนำมาใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามรูปแบบการวัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 3 สำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ มีการนำสถานการณ์การเคลื่อนที่ของลูกโป่งมาใช้เป็นสถานการณ์เข้าสู่บทเรียนจากนั้นมีการให้นักเรียนฝึกการสังเกต และสร้างแบบจำลอง โดยในแผนนี้จะเน้นการใช้คำถามที่มากขึ้น เน้นที่ตัวนักเรียนรายบุคคลมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ในส่วนของการศึกษาข้อมูลจะใช้การศึกษาผ่านคลิปวิดีโอในเรื่องของการติดตัว และมีการประเมินตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายด้วยสถานการณ์การติดตัวของฟูก้อยตึง การให้รางวัล เหรียญ และการปรับความก้าวหน้า ยังคงมีการใช้รูปแบบเดิม แต่มีการปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์และพฤติกรรมของนักเรียน

3.2 ชั้นที่ 2 ชั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินกิจกรรม ดังนี้

ชั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้เข้าสู่การเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์การเคลื่อนที่ของลูกโป่ง โดยครูให้ตัวแทนนักเรียนออกมาสาธิตการปล่อยลูกโป่งที่มีลมอยู่ข้างในจำนวน 2 ครั้ง โดยนักเรียนคนอื่นทำหน้าที่สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยคำถามดังนี้ 1) จากการสังเกต ลูกโป่งมีการเคลื่อนที่ในทิศทางใด ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น 2) นักเรียนคิดว่านอกจากลูกโป่งที่มีการเคลื่อนที่แล้ว ยังมีสิ่งใดเคลื่อนที่อีกบ้าง เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น 3) นักเรียนคิดว่ามีปริมาณใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ 4) นักเรียนคิดว่าสถานการณ์ใดในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะเดียวกับสถานการณ์ของลูกโป่ง นักเรียนที่ตอบคำถามได้รับเหรียญนักพูดแล้วนำไปติดที่กระดานผู้นำตามชื่อของตนเอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงคำตอบของนักเรียน และสรุปแนวคิดที่ได้จากสถานการณ์ของลูกโป่ง เพื่อนำไปสู่การทำกิจกรรมในครั้งถัดไป

ชั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการสร้างแบบจำลอง โดยการวาดภาพแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายการติดตัวของวัตถุ ครูอธิบายรายละเอียดของใบกิจกรรมที่ 5.1 ภาพการติดตัว ว่า ในกิจกรรมนี้ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสังเกตและจากการอภิปรายข้อมูลจากกิจกรรมก่อนหน้านี้มาวาดภาพแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายการติดตัวของวัตถุ โดยวาดลงในช่องว่างที่ 1 ภาพแบบจำลองนี้จะต้องประกอบด้วยสัญลักษณ์ และตัวแปรที่สามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการเรียกชื่อตัวแทนนักเรียนเพื่อให้อธิบายกิจกรรมในครั้งนี้อย่างหนึ่งครั้ง นักเรียนออกมาอธิบายใบกิจกรรม และลงมือวาดภาพแบบจำลอง สำหรับนักเรียนที่มาปัญหาในการวาดภาพแบบจำลองครูจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการคิดเพิ่มมากขึ้น เช่น ลูกโป่งเคลื่อนที่แบบนี้ควรใช้ลูกศรอะไรบ้าง การที่ลูกโป่งเคลื่อนที่เกิดปริมาณอะไรกับลูกโป่งบ้าง เป็นต้น หลังจากนักเรียนวาดภาพแบบจำลองเสร็จสิ้น ตัวแทนนักเรียนออกมาแนะนำแบบจำลองของตนเอง โดยต้องมีการอธิบายสัญลักษณ์ แต่ตัวแปรที่ใช้ รวมถึงอธิบายว่าแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายการติดตัวของวัตถุได้อย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาในภาพรวมอีกครั้งก่อนไปทำกิจกรรมต่อไป

ชั้นที่ 3 สืบค้นและตรวจสอบเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการศึกษาข้อมูลผ่านการทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ โดยครูอธิบายรายละเอียดของกิจกรรมที่ 5.2 ปฏิบัติการชน ว่า ในการทำกิจกรรมครั้งนี้ให้นักเรียนแต่ละคนทำการศึกษาการทดลองจากลิงค์ที่ครูส่งให้ในช่องแชท เพื่อนำผลจากการทดลองมาเขียนลงในตารางผลการทดลอง และวาดภาพสิ่งที่เกิดตาม

การทดลอง ก่อนศึกษาการทดลองให้นักเรียนทำการตั้งสมมติฐานของการทดลอง จากนั้นตอบคำถาม ท้ายกิจกรรมการทดลอง ครูตรวจสอบความเข้าใจในการทำกิจกรรมของนักเรียนโดยการให้ตัวแทน นักเรียนออกมาอธิบายถึงขั้นตอนและรายละเอียดในการทำกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนออกมา รับใบกิจกรรม หลังจากนักเรียนบันทึกผลการทดลอง และวาดภาพเรียบร้อยแล้ว ตัวแทนนักเรียนออกมา นำเสนอผลที่ได้จากการทดลอง โดยนักเรียนที่อาสาออกมาจะได้รับการเพิ่มความก้าวหน้าบนกระดาน ผู้นำ และหลังจากการตอบคำถาม ครูให้นักเรียนร่วมกันเฉลยคำตอบ และอภิปรายถึงคำตอบของ นักเรียนแต่ละคนเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้ให้นักเรียนทำการประเมินภาควาพแบบจำลอง ของตนเอง โดยครูอธิบายรายละเอียดของกิจกรรม ว่า ให้นักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายการติดตัวของวัตถุ โดยในครั้งเป็นการนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมก่อนหน้านี้มาเป็นฐาน ในการวาดภาพแบบจำลอง โดยต้องทำการปิดภาพแบบจำลองเดิมในช่องว่างที่ 1 ระหว่างการวาด ภาพแบบจำลองใหม่ลงในช่องว่างที่ 2 ในใบกิจกรรมที่ 5.1 หลังจากที่นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง ใหม่เสร็จแล้วให้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างแบบจำลองทั้งสอง แล้วเขียนสิ่งที่ เปรียบเทียบได้ลงในช่องว่างด้านล่าง นักเรียนแต่ละคนออกมารับใบกิจกรรม และลงมือปฏิบัติ กิจกรรม นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมเรียบร้อยแล้วให้ทำการเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของ ตนเอง ครูทำการสำรวจการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน หลังจากนั้นให้ตัวแทนนักเรียนออกมา นำเสนอแบบจำลองใหม่นี้ และข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบ โดยมีเพื่อนในชั้นร่วมกันเสนอความ คิดเห็น

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ ในขั้นนี้ให้นักเรียนทำการศึกษา สถานการณ์อื่น ที่เกี่ยวข้องกับการติดตัวของวัตถุ เพื่อทำการประเมินแบบจำลองของตนเอง โดยครู อธิบายรายละเอียดของใบกิจกรรมที่ 5.3 ต่างหรือเหมือน โดยในกิจกรรมนี้นักเรียนต้องทำการศึกษา การเคลื่อนที่ของหมึก และจรวด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เขียนอธิบายตามหัวข้อที่กำหนดในตาราง เมื่อ ได้ข้อมูลครบแล้วให้ทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลองล่าสุดที่นักเรียนได้ทำขึ้นมาเพื่อตรวจสอบว่า แบบจำลองนั้นสามารถนำไปใช้ในการอธิบายการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติได้อย่างครอบคลุมทุก สถานการณ์หรือไม่ นักเรียนออกมารับใบกิจกรรมจากนั้นลงมือทำกิจกรรม เมื่อนักเรียนทำกิจกรรม เรียบร้อยแล้วให้ทำการเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของตนเอง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนแสดงแนวคิด และความคิดเห็นของตนเองออกมา ประกอบด้วยคำถามดังนี้ 1) จากการศึกษา ลักษณะการเคลื่อนที่ของหมึก จรวด และลูกโป่ง มีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร 2) ลักษณะการเคลื่อนที่ของหมึก จรวด และลูกโป่งสามารถเรียกได้ว่าการติดตัวของวัตถุได้เหมือนการ เคลื่อนที่ของรถทดลองหรือไม่ อย่างไร 3) จากการนำแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาไปเปรียบเทียบกับ ลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งที่ศึกษา ผลออกมาเป็นเช่นไร นักเรียนคิดว่าทำไม่ถึงเป็นแบบนี้

นักเรียนที่ทำการตอบคำถามจะได้รับเหรียญนักพูดเพื่อไปติดในกระดานผู้นำของตนเอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ที่ได้ในกิจกรรมนี้

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนต้องทำการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองของตนเอง โดยครูอธิบายรายละเอียดกิจกรรมที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลง โดยในกิจกรรมนี้นักเรียนต้องนำความรู้ทั้งหมดที่ได้เรียนมา และข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบในกิจกรรมก่อนหน้ามาใช้เป็นฐานในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยนักเรียนต้องทำการวิเคราะห์ก่อนว่าจะทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองส่วนไหน และเพราะอะไร จากนั้นจึงทำการปรับแก้แบบจำลองของตนเอง ถ้านักเรียนคิดว่าแบบจำลองครั้งล่าสุดนั้นดีแล้วไม่มีความจำเป็นต้องปรับแก้ ต้องเขียนเหตุผลออกมาว่าแบบจำลองนั้นมีความสมบูรณ์อย่างไร เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมสำเร็จให้ทำการเพิ่มความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของตนเอง จากนั้นนักเรียนแต่ละคนออกมานำเสนอแบบจำลองที่สมบูรณ์ของตนเอง โดยนักเรียนต้องนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้ คือ 1) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงต้องปรับปรุงแก้ไข/ไม่ปรับปรุงแก้ไข และ 2) แบบจำลองนี้สมบูรณ์อย่างไร

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ในขั้นนี้นักเรียนต้องนำแบบจำลองของตนเองที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายสถานการณ์ การระเบิดของฝัก โดยครูอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับใบกิจกรรมที่ 6 การระเบิดของฝัก ในกิจกรรมนี้เป็นการทำกิจกรรมแบบเดี่ยวและกลุ่ม โดยนักเรียนแต่ละคนต้องทำการศึกษาสถานการณ์ และตอบคำถามโดยคำถามที่นำมานี้เป็นคำถามที่ใช้ประเมินตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ดั่งบ่งชี้ จากนั้นให้รวมกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม เพื่อทำร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนคำตอบตามแนวคิดของตนเองที่ได้ตอบในใบกิจกรรม เพื่อทำออกมาเป็นชิ้นงานกลุ่ม การให้นักเรียนทำงานกลุ่มเพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นของคนอื่นเพื่อให้การเรียนรู้ในหลายมุมมอง จากนั้นนักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ในครั้งนี้นักเรียนสามารถทำในส่วนของงานเดี่ยวได้สำเร็จ ส่วนงานกลุ่มนั้นนักเรียนต้องทำนอกเวลา และหาเวลาในการนำเสนอข้อมูล ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดอีกครั้ง โดยให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอคำตอบของตนเองโดยมีเพื่อนให้ห้องร่วมกันเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบนั้น ๆ

3.3 ชั้นที่ 3 ชั้นสังเกต

การดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนร่วมกับครูผู้ร่วมสังเกตโดยใช้เครื่องมือ คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะแบ่งนำเสนอผลการสังเกตออกเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

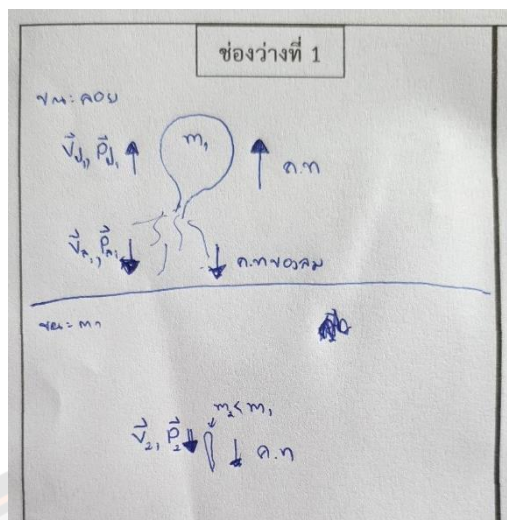
จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนมาเป็นสถานการณ์นำเข้าสู่บทเรียนนั้นเป็นการดึงความสนใจของนักเรียน โดยในครั้งนี้เป็นการใช้การเคลื่อนที่ของลูกโป่งซึ่งสร้างความสนุกในการทำกิจกรรม จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีรอยยิ้มและเสียงหัวเราะเมื่อตัวแทนนักเรียนทำการปล่อยลูกโป่ง แม้ลักษณะการเคลื่อนที่ในความเป็นจริงอาจมีความคลาดเคลื่อนเองจากปัจจัยภายนอก แต่นักเรียนสามารถแสดงข้อมูลจากการสังเกตได้ตรงตามที่คาดการณ์ไว้รวมถึงนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ดีขึ้น สังเกตได้จากการตอบคำถามของนักเรียนสามารถใช้เหตุผลตรงตามหลักการเรื่องการเคลื่อนที่ประกอบการอธิบาย ซึ่งสอดคล้องกับผลสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกต ที่กล่าวว่า

... “นักเรียนมีการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประกอบการอธิบายได้ดีขึ้น เช่น ลูกโป่งมีการเคลื่อนที่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ขึ้นอยู่กับแนวที่เพื่อนถือ, ลูกโป่งเคลื่อนที่แนวใดแนวหนึ่ง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะเพื่อนถือไปตามแนวนั้น ๆ เป็นต้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 21 กุมภาพันธ์ 2566)

ชั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นนี้ พบว่า การให้นักเรียนได้ทำการสร้างแบบจำลองสามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการระบุ และใช้สัญลักษณ์มาใช้ในการอธิบายในแบบจำลองของนักเรียนได้ดีมากขึ้น สังเกตได้จากภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนที่มีการใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้องมากขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ดังตัวอย่างภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนต่อไปนี้



ภาพ 19 ภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนเพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง
(นักเรียน 7, ใบกิจกรรมที่ 5.1, 21 กุมภาพันธ์ 2566)

แม้นักเรียนยังไม่สามารถระบุ ใช้ หรือสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายการติดตัวของวัตถุได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ผลงานที่ออกมา ก็แสดงได้ถึงพัฒนาการของนักเรียน รวมถึงการใช้กติกการเพิ่มระดับ หรือปรับความคืบหน้าบนกระดานผู้นำช่วยให้นักเรียนกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น เพราะนักเรียนทุกคนสามารถทำงานได้ตรงตามเวลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

“นักเรียนทำงานได้ตรงเวลามากขึ้น เพราะอยากได้รับการเพิ่มระดับ”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 21 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 3 สํารวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

จากการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนศึกษาคลิปการทดลอง เรื่อง การชน เพื่อบันทึกผลการทดลอง พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ไม่อยากเรียน ซึ่งแตกต่างจากการทำกิจกรรมทดลองกับสถานการณ์จำลองของ PhET แสดงให้เห็นว่านักเรียนจะมีความสุขในการเรียนรู้กับการเป็นผู้ปฏิบัติจริงมากกว่าการศึกษาด้วยการดูหรืออ่าน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“กิจกรรมการทดลองควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงมากกว่าการศึกษาจากคลิปวิดีโอ”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 21 กุมภาพันธ์ 2566)

การตั้งสมมติฐานของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น แต่ยังมีบางคนที่ยังไม่สามารถตั้งสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของผู้วิจัยที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางคนยังขาดความสามารถในการตั้งคำถาม สังเกตได้จากการสอบถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในการเสนอสมมติฐานแต่นักเรียนไม่ตอบคำถาม”

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 21 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังจากนักเรียนตอบคำถามเสร็จช่วงของการให้นักเรียนร่วมเฉลยและอภิปรายคำตอบกันเอง พบว่า นักเรียนสามารถพูดคุย และนำเสนอความคิด/คำตอบอย่างมีหลักการได้ดี แม้ในบางครั้งครูต้องใช้คำถามกระตุ้นบ้าง แต่โดยรวมนักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับคำตอบของตนเองได้ดีมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง

จากการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนนำความรู้จากการทำกิจกรรมก่อนหน้านี้มาวาดภาพแบบจำลองใหม่ขึ้นมา และนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมของตนเอง วิธีการนี้สามารถทำให้นักเรียนเห็นข้อแตกต่างที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน เพราะ นักเรียนสามารถระบุถึงความแตกต่างของแบบจำลองของตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

“การประเมินแบบจำลอง โดยการให้นักเรียนได้เปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่างเป็นกิจกรรมที่ดี นักเรียนเห็นความต่างได้ชัดเจน”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

จากการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนให้นักเรียนได้ศึกษาทฤษฎีการเคลื่อนที่ของปลาหมึก และการเคลื่อนที่ของจรวด ทำให้ได้รู้ว่่านักเรียนมีความสนใจเกี่ยวกับสถานการณ์เหล่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“นักเรียนมีความสนใจในทฤษฎีที่เลือก เพราะมีการพูดคุย และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของทฤษฎีนั้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อเขียนอธิบายตามหัวข้อที่กำหนด นักเรียนมีการพูดคุยเกี่ยวกับหัวข้อของทฤษฎีนั้น นักเรียนมีการแสดงออกถึงความคิด และเหตุผลของตนเองกับเพื่อนมากขึ้น ไม่ค่อยแอบดู หรือฟังแต่เพื่อนเหมือนก่อนหน้านี้แล้ว

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

จากการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนได้มีการเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลองของตัวเองช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการใช้เหตุผลมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัยที่กล่าวว่า

...“นักเรียนมีการอธิบายถึงเหตุผลของการเปรียบเทียบนั้น เมื่อเข้าไปสอบถามนักเรียนสามารถ ตอบคำถามที่ครูถามโดยมีการใช้เหตุผล เช่นคำตอบที่ว่า ผมปรับในส่วนของการใช้ลูกศรระบุทิศทางครับ เพราะก่อนหน้านี้ผมไม่ได้ใส่อีกทิศทางหนึ่ง เป็นต้น ซึ่งคำตอบเหล่านี้ล้วนมีเหตุผลประกอบ”

(ครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

รวมถึงการนำเสนอแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนที่ความกล้าพูดกล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้น เนื่องด้วยถูกกระตุ้นด้วยการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำของตนเอง

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

จากการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนนำภาพวาดแบบจำลองที่สมบูรณ์ที่สุดจากการเลือกมาใช้กับสถานการณ์ใหม่ ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกการประยุกต์ใช้ความรู้เดิมในการตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหา สังเกตได้จากพฤติกรรมการทำงานที่นักเรียนมีความตั้งใจและมีสมาธิในการทำงานมากขึ้น และด้วยสถานการณ์ที่นำมาใช้ครั้งนี้เป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเข้าใจได้ง่ายขึ้นว่าความรู้ในครั้งนี้อาจนำมาใช้ได้ในการแก้ปัญหาเรื่องใกล้ตัว ซึ่งสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้ร่วมสังเกตที่กล่าวว่า

...“การใช้สถานการณ์ใกล้ตัวช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้มากขึ้น”

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

3.4 ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำเอาผลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ซึ่งบันทึกโดยผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตมาทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอตามลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตาราง 17 แสดงแนวทางปฏิบัติที่ดี ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละ
ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
ขั้นที่ 1 การเข้าถึง ปรากฏการณ์	1.สถานการณ์ที่ นำมาใช้เข้าสู่เนื้อหา ความเหมาะสมกับ นักเรียน สามารถ ช่วยให้นักเรียนเข้าถึง และสนใจได้ง่าย	-	1. สถานการณ์ที่นำมาใช้ควร เป็นสถานการณ์ที่เข้าใจง่าย และรูปแบบของสถานการณ์ ไม่มีความซับซ้อน ถ้าเป็น สถานการณ์ที่นักเรียนเคยมี ประสบการณ์ตรงจะสามารถ ช่วยสร้างแรงจูงใจในการ สังเกต และการวิเคราะห์ ข้อมูลของนักเรียนดีขึ้น 2. ครูควรมีการอธิบาย เมื่อ สถานการณ์ไม่เป็นไปตามที่ คาดการณ์ไว้ เช่น กรณีที่ ลูกโป่งมีการเคลื่อนที่ต่างกัน ในครั้งที่ 1 หรือ 2 ครูอาจมี การอธิบายเพิ่มเติมว่าเกิด มาจากลมที่บรรจุ และ ความยืดหยุ่นของลูกโป่ง เป็นต้น
ขั้นที่ 2 สร้าง แบบจำลอง	1.การให้ความรู้หรือมี การอธิบายเกี่ยวกับ แบบจำลองให้แก่ นักเรียนได้ฟังก่อน การลงมือปฏิบัติ และ การใช้คำถามในการ กระตุ้นความคิดของ	-	-

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
	<p>นักเรียนสามารถช่วย สร้างความเข้าใจใน การระบุ และใช้ สัญลักษณ์ของ นักเรียนได้ดีขึ้น</p> <p>2.การใช้คำถามเพื่อ ตรวจสอบความ เข้าใจของนักเรียน โดยการเรียกชื่อ ตัวแทนนักเรียน เพื่อให้อธิบาย กิจกรรมในครั้งนี้ให้ เพื่อนฟังอีกหนึ่งครั้ง นอกจากจะช่วย ตรวจสอบความ เข้าใจของนักเรียน แล้วยังเป็นการช่วย ย้ำนักเรียนที่ยังไม่ เข้าใจให้เข้าใจมาก ยิ่งขึ้น นอกจากนี้การ ใช้คำถามที่กระตุ้น การคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียน สามารถระบุ และใช้ สัญลักษณ์ในการ อธิบายได้ดีขึ้น</p>		
<p>ขั้นที่ 3 สํารวจและ ตรวจสอบเชิง</p>	-	<p>1. การให้นักเรียน เรียนรู้ และการศึกษา</p>	<p>1. ครูควรเลือกรูปแบบวิธีการ สำหรับการสืบค้นข้อมูลที่มี</p>

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
ประจักษ์		ผลการทดลองผ่านการ รับชมคลิปวิดีโอที่เป็น เชิงวิชาการมากเกินไป ส่งผลให้นักเรียนไม่มี ความสนใจ และมี ความรู้สึกว่าเนื้อหาที่ เรียนมีความยากเกินไป 2. นักเรียนบางส่วนยัง ไม่มีความเข้าใจในการ เสนอสมมติฐาน แม้ว่า ครูจะทำการอธิบาย รูปแบบการเสนอ สมมติฐานให้นักเรียน ฟังแล้ว	ความน่าสนใจและเหมาะสม กับบริบทของนักเรียน เช่น การทดลองจริง การทดลอง ผ่านสถานการณ์จำลองต่าง ๆ 2. ครูควรมีการเน้นย้ำ หรือ สอบถามนักเรียนกลุ่มที่มี ปัญหาในด้านการเรียนให้ มากขึ้น
ขั้นที่ 4 ประเมิน แบบจำลอง	1. การใช้คำถาม สามารถช่วยฝึกให้ นักเรียนได้เกิด กระบวนการคิด ตลอดเวลาส่งผลให้ นักเรียนสามารถนำ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มาสร้าง คำอธิบายสาเหตุของ การปรับปรุง แก้ไข แบบจำลองได้อย่าง เป็นเหตุเป็นผล	-	-
ขั้นที่ 5 ประเมิน แบบจำลองด้วย	1. การนำทฤษฎีหรือ แนวคิดเกี่ยวกับเรื่อง	-	-

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
แนวคิดอื่น ๆ	การเคลื่อนที่ของหมึก และการเคลื่อนที่ของ จรวด มาให้นักเรียน ได้ศึกษา ช่วยสร้าง ความสนใจ และส่งเสริม การอธิบาย เหตุผลของนักเรียน ให้ดีขึ้นได้		
ขั้นที่ 6 ปรับปรุง และแก้ไข แบบจำลอง	1. ครูมีการใช้คำถาม ในการตรวจสอบ ความเข้าใจของนักเรียน ก่อนการประเมินเพื่อ ปรับปรุง และแก้ไข แบบจำลอง ทำให้นักเรียน สามารถเกิด กระบวนการคิด และ เชื่อมโยงข้อมูลได้เป็น ขั้นตอนมากขึ้น	-	1. ครูควรใช้คำถามที่กระตุ้น การคิดเชิงเหตุผลของ นักเรียน และมีการทบทวน ถึงสัญลักษณ์ และตัวแปรอีก ครั้ง โดยเฉพาะนักเรียนที่ยัง มีปัญหาในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้อง ให้ความสำคัญเป็นพิเศษ
ขั้นที่ 7 ใช้ แบบจำลองทำนาย และอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ	1. การเลือกใช้ สถานการณ์มีความ เป็นปัจจุบัน และใกล้ ตัว จะช่วยให้นักเรียน สนใจที่จะ ศึกษา รวมถึงการใช้ ข้อคำถามที่มีความ ท้าทายในการทำ กิจกรรมช่วยให้นักเรียน เกิด	1. เวลาที่ใช้ในการทำ กิจกรรมนานเกินกว่าที่ กำหนดไว้	1. ครูควรมีการวางแผนการ ดำเนินกิจกรรมให้เหมาะสม กับเวลา

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ	แนวทางการปรับปรุง/การ พัฒนา
	กระบวนการคิดที่ มากขึ้น		

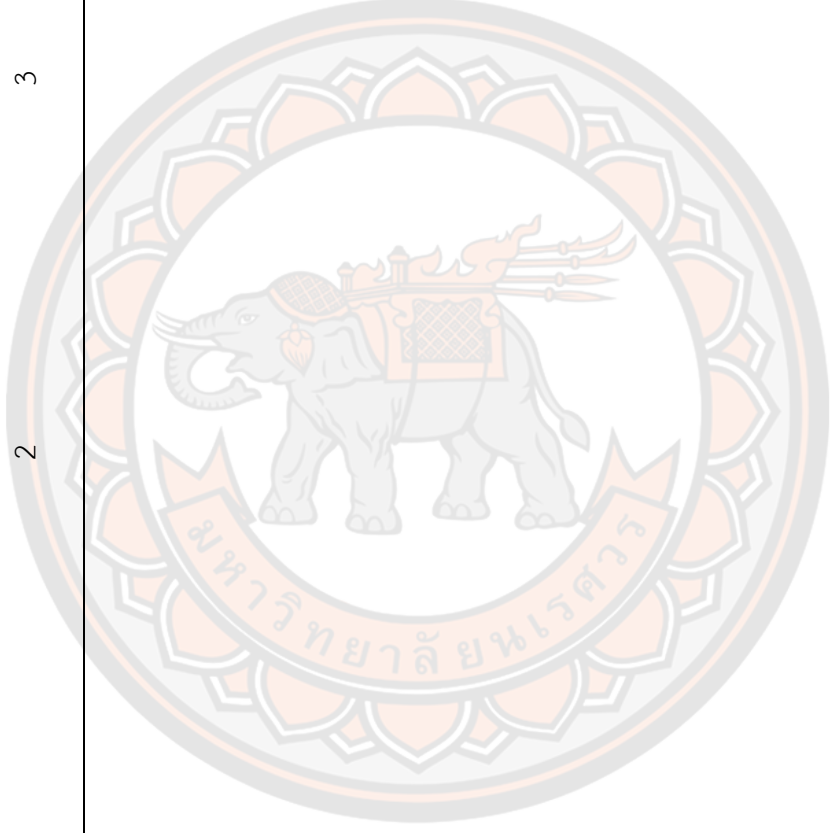
จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งแสดงข้อมูลดังตารางต่อไปนี้



ตาราง 18 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วาระปฏิบัติการที่	แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
ขั้นที่ 1 ขั้นการ เข้าถึงปรากฏการณ์	1	1. การนำเข้าสู่บทเรียนโดย การใช้สถานการณ์เกิดความ ให้นักเรียนได้ทำการสังเกต ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจ และเข้าใจสถานการณ์ได้ง่าย <u>ข้อปรับปรุง</u> 2. คำถามที่เตรียมไว้มีการใช้ คำพูดหรือภาษาที่เป็น ทางการเกินไป หรืออาจจะ เข้าใจยากเกินไปสำหรับ นักเรียนส่งผลให้นักเรียนไม่ สามารถนำความรู้มาสร้าง คำอธิบายได้อย่างเต็มที่
ขั้นที่ 2 ขั้นการ เข้าใจปรากฏการณ์	2	<u>ข้อดี</u> 1. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการ ออกไปรับหรือติดต่อช่วยเหลือ สร้างแรงกระตุ้นในการคิดของ นักเรียนได้มากขึ้น สามารถสร้าง ความสนใจและบรรยากาศที่ดีใน การเรียนรู้ได้ดีขึ้น
ขั้นที่ 3 ขั้นการ เชื่อมโยงปรากฏการณ์	3	<u>ข้อดี</u> 1. สถานการณ์การ เคลื่อนไหวของลูกโป่ง ที่ นำมาใช้ในการเข้าสู่ บทเรียน สามารถช่วยให้ นักเรียนเข้าใจ และสนใจ ได้ง่าย แต่อาจต้องมีการ อธิบายสถานการณ์ เพิ่มเติมเมื่อเกิดผลไม่ เป็นไปตามที่ตีมีการ คาดการณ์ไว้
ขั้นที่ 4 ขั้นการ ประเมินปรากฏการณ์		1. ครูอธิบายถึงรูปแบบ แนวทางในการจัดกิจกรรม และกติกาการให้รางวัล การ เพิ่มระดับ และการปรับความ คืบหน้าบนกระดานผู้นำ ให้ นักเรียนเข้าใจก่อนการทำ กิจกรรม 2. ปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ ควรที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เป็น สถานการณ์ใกล้ตัว ไม่ ซับซ้อน และเข้าใจง่าย 3. คำถามที่ใช้ในการจัดการ เรียนรู้ ควรเป็นคำถามที่ สามารถตรวจสอบความ

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วาระปฏิบัติการที่	แนวทางการจัดการการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
1	1	
2	2	
3	3	
		<p>เข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ นั้น ๆ และสามารถฝึกการตั้ง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มา สร้างคำอธิบายได้อย่าง สมเหตุสมผล เช่น ทำไมจึง เป็นเช่นนี้ เพราะอะไร นักเรียนจึงคิดเช่นนั้น เป็นต้น ในการตอบคำถามแต่ละครั้ง ของนักเรียน</p> <p>4. ครูควรมีการเข้าหาและใช้ คำถามกับนักเรียนเมื่อ นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ไม่ เข้าใจในกิจกรรม เพื่อที่จะทำ ให้เข้าใจกระบวนการคิดของ นักเรียนมาก</p> <p>5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มี</p>



ชั้นการจัดการเรียนรู้		วจรปฏิบัติการที่		แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	
1	2	3			
ชั้นที่ 2 ชั้นสร้าง แบบจำลอง	<p>ข้อปรับปรุง</p> <p>1. นักเรียนมีปัญหาในการวาดภาพแบบจำลอง เนื่องจากนักเรียนไม่มีความเข้าใจในการวาดภาพ แบบจำลอง จึงไม่สามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์มาใช้ในการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้</p> <p>2. นักเรียนไม่มีความกล้าในการแสดงความคิดเห็น หรือนักเรียนไม่มีความเชื่อมั่นใจตัวนักเรียนเองจึงไม่กล้าที่จะลงมือทำงาน</p>	<p>ข้อดี</p> <p>1. การให้ความรู้หรือมีการอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองให้นักเรียนได้ฟังก่อนการลงมือปฏิบัติสามารถช่วยสร้างความเข้าใจในการระบุ และใช้สัญลักษณ์ของนักเรียนได้ดีขึ้น</p> <p>ข้อปรับปรุง</p> <p>2. นักเรียนบางส่วนยังคงมีความสับสนกับการเลือกใช้สัญลักษณ์และตัวแปรในการนำมาใช้ในแบบจำลอง และเป็นนักเรียนกลุ่มเดิม</p>	<p>ข้อดี</p> <p>1. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการเรียกชื่อตัวแทนนักเรียนเพื่อให้อธิบายกิจกรรมในครั้งนี้นี้ให้เพื่อนฟังอีกหนึ่งครั้งนั้น นอกจากจะช่วยตรวจสอบความเข้าใจ ยังช่วยให้ นักเรียนตื่นตัวในการทำกิจกรรมมากขึ้น</p> <p>2. การใช้คำถามที่กระตุ้นการคิดของนักเรียนทำให้</p>	<p>1. ครูควรอธิบายเกี่ยวกับความหมาย ลักษณะ และวิธีการวาดภาพแบบจำลอง หรือมีการแสดงตัวอย่างของภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนต้องสร้าง รวมถึงระบุเป้าหมายของการใช้แบบจำลองให้ชัดเจน</p> <p>2. ครูควรมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับ การสร้างแบบจำลองของนักเรียน ก่อนที่จะให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง</p>	ส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมในการให้คะแนนหรือรางวัลบนกระดานผู้นำ

แนวทางการจัดการเรียนรู้		แนวทางการจัดการเรียนรู้	
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วิธีการปฏิบัติการที่	1	2
1	2	3	3
นักเรียนสามารถระบุ และ ใช้สัญลักษณ์ในการอธิบาย ได้ดีขึ้น			
ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจ และตรวจสอบเชิง ประจักษ์	ข้อดี	ข้อดี	ข้อปรับปรุง
	1. การให้นักเรียนปฏิบัติ กิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนมีความสนใจและ สนุกไปกับการทดลอง ร่วมถึงการที่นักเรียนได้ลงมือ ปฏิบัติทำกิจกรรมด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความ เข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้นได้ง่าย กว่าการให้อ่านจากหนังสือ หรือใบความรู้	1.การให้นักเรียนทดลองโดยใช้ สถานการณ์จำลองผ่าน PHET สามารถช่วยสร้างความสนใจและ การตื่นตัวในการเรียนรู้ให้นักเรียน	1. การทดลองโดยการ ปฏิบัติจริงหรือผ่าน สถานการณ์จำลอง เป็น การศึกษาผ่านการดูคลิป การทดลอง ทำให้นักเรียน ไม่มีความสนใจที่จะเรียนรู้ ส่งผลต่อการเชื่อมโยง ความรู้และนำความรู้มาใช้ เพื่อสร้างคำอธิบายของ นักเรียน
	2. การทดลองร่วมกันตอบคำถาม ในใบกิจกรรมระหว่างครูและ นักเรียน ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยง ความรู้ และฝึกการให้เหตุผลได้ดีขึ้น	ข้อดี	ข้อปรับปรุง
	3. การอธิบายถึงแนวทางการ ตั้งสมมติฐานของครูมีการใช้ภาษาที่	ข้อดี	ข้อปรับปรุง
	2. การทดลองการเคลื่อนที่	ข้อดี	ข้อปรับปรุง
	1. ครูควรมีการอธิบายถึง รูปแบบของการทำกิจกรรม การทดลอง และแนวทางการ ตั้งสมมติฐาน และควรรีใช้ คำถามเพื่อตรวจสอบความ เข้าใจของนักเรียนก่อนการ ดำเนินกิจกรรม	ข้อดี	ข้อปรับปรุง
	2. รูปแบบวิธีการสืบค้นข้อมูล ควรเป็นรูปแบบที่นักเรียนได้ ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น การทดลองจริง การทดลอง ผ่านสถานการณ์จำลอง การ สืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้	ข้อดี	ข้อปรับปรุง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วาระปฏิบัติการที่	แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	
1 เรียนรู้ ของลูกเหล็กที่นำมาใช้ มีค่า ความคาดเคลื่อนในการ แสดงผลที่สูงเกินไป จน นักเรียนเกิดความสับสนใน ผลของการทดลอง 3. นักเรียนยังขาด ความสามารถในการสร้าง สมมติฐานเพื่อในการอธิบาย เกี่ยวกับ การทดลอง เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีความ เข้าใจในเรื่องการ ตั้งสมมติฐาน	2 เข้าใจยากทำให้นักเรียนยังคงมี ปัญหาในการตั้งสมมติฐาน	3 เป็นต้น เนื่องการลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเองจะช่วยให้นักเรียน เข้าใจในข้อมูล และเข้าใจ กระบวนการเรื่องราวของสิ่งที่ เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น 3. ครูควรมีการใช้คำถาม ตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียนอยู่เสมอ อาจใช้ วิธีการสุ่มถามให้นักเรียน เพื่อให้อธิบายว่ากิจกรรมที่ กำลังทำคืออะไร และมี ขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไร	
ขั้นที่ 4 ชั้นประเมิน แบบจำลอง	ข้อปรับปรุง	ข้อดี	
	1. นักเรียนไม่สามารถ ตั้งสมมติฐานเพื่อใช้ในการ	1. ครูขาดการเน้นกิจกรรมหรือการใช้คำถามที่ทำให้ส่งเสริมต่อการ ใช้คำถามที่ทำให้ส่งเสริมต่อการ	1. ครูควรใช้คำถามเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียนก่อนให้นักเรียนทำ

ชั้นการจัดการเรียนรู้	แนวทางการจัดการการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
<p>1</p> <p>อธิบายภาพแบบจำลองของตนเองได้</p> <p>2. นักเรียนไม่สามารถประเมินแบบจำลองเดิมของตนเองได้ว่าควรมีการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขอย่างไร เพราะเป็นผลมาจากการทำงานที่ยังไม่มีความเข้าใจในการวาดภาพแบบจำลองและการเลือกใช้สัญลักษณ์</p>	<p>1</p> <p>วัตถุประสงค์ในการตั้งสมมติฐานในการออกแบบแบบจำลองของนักเรียน</p> <p>2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการปรับปรุงแบบจำลองตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>
<p>2</p> <p>อธิบายภาพแบบจำลองของตนเองได้</p> <p>2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการปรับปรุงแบบจำลองตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>	<p>2</p> <p>กระบวนการคิดตลอดเวลา ส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายสาเหตุของการปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล</p>
<p>3</p> <p>อธิบายภาพแบบจำลองของตนเองได้</p> <p>2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการปรับปรุงแบบจำลองตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>	<p>3</p> <p>การประเมินแบบจำลอง 2. ครูมีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาว่า เพราะอะไร ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น และฝึกให้นักเรียนได้เกิดการตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายว่าแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วควรเป็นเช่นไร</p>
<p>ชั้นที่ 5 ชั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ</p>	<p>1. ทฤษฎี หรือแนวคิดที่นำมาใช้ไม่ซับซ้อน หรือยากเกินความเข้าใจของนักเรียน เช่น ทฤษฎี หรือแนวคิดที่มีการใช้คำที่เป็นทางการ หรือข้อความที่อ่านยาก เป็น</p>

ขั้นการจัดการ เรียนรู้	วัตถุประสงค์การที่	แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
1	ข้อมูลเพื่อมาสร้างคำอธิบาย ที่สมเหตุสมผลได้	3
2	สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้	2
3	ข้อมูลเพื่อมาสร้างคำอธิบาย ที่สมเหตุสมผลได้	1
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข
ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และแก้ไข

ชั้นการจัดการ เรียนรู้	วาระปฏิบัติการที่	แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
1	1	3
คำอธิบาย ข้อปรับปรุง 1. นักเรียนรู้และเข้าใจตัวแปรที่เกี่ยวข้องแต่ยังคงมีปัญหากับการระบุ และใช้ตัวแปรเหล่านั้นมาสร้างเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์	2	สามารถใช้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดได้ 2. ครูควรใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ก่อนการปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการระดมความคิด และเชื่อมโยงข้อมูลได้เป็นขั้นตอนมากขึ้น 3. เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง และไม่ควรตอบกลับความคิดเห็นนั้นในเชิงลบ
ชั้นที่ 7 ขึ้นไป แบบจำลองทำนาย	ข้อดี 1. การใช้สถานการณ์ใหม่	1. สถานการณ์ที่นำมาใช้ ประเมินควรเป็นสถานการณ์ที่

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วจรปฏิบัติการที่	แนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
1 และอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ	1 และข้อคำถามใหม่เพื่อให้ นักเรียนแสดงถึง ความสามารถในแต่ละตัว บ่งชี้ ทำให้สามารถประเมิน ได้อย่างชัดเจนว่านักเรียน เกิดสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์ได้	2 ในใบกิจกรรมช่วยให้นักเรียนเกิด กระบวนการความคิดที่มากขึ้น แม้ อาจใช้เวลาในการทำกิจกรรม
2	2	3 ที่แยก หรือซับซ้อน และ ควรเป็นสถานการณ์ที่มีความ ใกล้ตัวนักเรียน
3	3	3 กิจกรรมนานเกินกว่าที่ กำหนดไว้
2. ระหว่างการทำกิจกรรมครู ควรเป็นผู้ให้คำแนะนำ และมี การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนได้เกิดกระบวนการ คิดเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมา สร้างเป็นคำอธิบายให้ได้มาก ที่สุด	2. ระหว่างการทำกิจกรรมครู ควรเป็นผู้ให้คำแนะนำ และมี การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนได้เกิดกระบวนการ คิดเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมา สร้างเป็นคำอธิบายให้ได้มาก ที่สุด	3. ควรมีการสะท้อนความ คิดเห็นของนักเรียนหลังจาก การเรียนรู้

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

ครูอธิบายถึงแนวทางและกติกการในการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงรูปแบบ และเงื่อนไขของการให้รางวัล จากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำการสังเกตปรากฏการณ์ที่ครูเตรียมมา ปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ควรมีความน่าสนใจ ไม่ซับซ้อน และเกิดขึ้นในชีวิตจริง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคำถามที่ใช้จะเป็นคำถามที่สามารถให้นักเรียนได้ฝึกการดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล เช่น ทำไมจึงเป็นเช่นนี้ เพราะอะไรนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น เป็นต้น ครูมีการค้นหาและใช้คำถามกับนักเรียนเมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ไม่เข้าใจในกิจกรรม และมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมในการให้คะแนน หรือรางวัลบนกระดานผู้นำ

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง

ครูอธิบายเกี่ยวกับความหมาย ลักษณะ และวิธีการวาดภาพแบบจำลอง หรือมีการแสดงตัวอย่างของภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนต้องสร้าง รวมถึงระบุเป้าหมายของการใช้วาดภาพจำลอง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียน ก่อนนักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ระหว่างที่นักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในการทำกิจกรรมเป็นระยะ เมื่อนักเรียนวาดภาพแบบจำลองเสร็จสิ้นควรให้ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลงานตนเอง โดยมีคะแนน และการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ครูให้นักเรียนทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนด้วยวิธีการทดลองจริง หรือการทดลองผ่านสถานการณ์จำลอง และการสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ ก่อนที่นักเรียนจะทำการทดลอง ครูต้องมีการอธิบายถึงแนวทางในการตั้งสมมติฐาน และมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจระหว่างการทำกิจกรรมครูควรมีการใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอยู่เสมอ อาจใช้วิธีการสุ่มถามให้นักเรียนเพื่อให้อธิบายว่ากิจกรรมที่กำลังทำคืออะไร และมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไร โดยมีคะแนน และการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง

ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการสืบค้นมาประมวลผล เพื่อนำมาวาดภาพแบบจำลอง ซึ่งภาพจากแบบจำลองขั้นนี้เป็นภาพที่ได้จากองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบแบบจำลองแรก เพื่อระบุความเหมือนและความแตกต่างที่เกิดขึ้น ก่อนให้นักเรียนทำการประเมินแบบจำลองครูควรใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และระหว่างการทำกิจกรรมครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาว่า เพราะอะไร ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนได้ฝึกการตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายว่าแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วควรเป็นเช่นไร โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

ครูจะให้นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวคิดอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับหลักการของเรื่องที่เรียน โดยทฤษฎี หรือแนวคิดที่นำมาต้องไม่ซับซ้อน หรือยากเกินความเข้าใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนไม่เกิดความสับสน และเกิดความคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ หรือข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา หลังจากนักเรียนศึกษาทฤษฎี หรือแนวคิดนั้น ครูและนักเรียนควรร่วมกันสรุปใจความความสำคัญ เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดประเด็น รวมถึงการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างของแนวคิดที่ได้ศึกษากับความรู้จากการเรียนรู้ที่ผ่านมา โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ครูอธิบายถึงรูปแบบของภาพวาดแบบจำลองที่สมบูรณ์อีกครั้งว่าจะต้องประกอบด้วยสัญลักษณ์ และตัวแปรที่สามารถใช้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดได้ จากนั้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้มาไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมของตนเอง โดยครูจะใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เช่น จากแบบจำลองที่นักเรียนเคยทำมานั้น นักเรียนคิดว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ อย่างไร นักเรียนระบุได้หรือว่าจะปรับเปลี่ยนอะไรในแบบจำลอง เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น เป็นต้น เมื่อนักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองของตนเองสมบูรณ์จนสามารถนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนได้ จะมีการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับเปลี่ยนแล้ว นักเรียนทั้งหมดจะร่วมกันเลือกแบบจำลองที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ขั้นนี้ครูกำหนดสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนแต่ละคนนำแบบจำลองที่สมบูรณ์ที่ได้จากการเลือกในขั้นที่ 6 มาประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใหม่ ระหว่างการทำกิจกรรมครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และ

ถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมาสร้างเป็นคำอธิบายให้ได้มากที่สุด จากนั้นครูจะสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนถึงข้อมูลที่นักเรียนเขียนคำตอบมา เมื่อนักเรียนนำเสนอเสร็จครูและนักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดจากการเรียนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำความรู้ที่เรียนมาไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นครูจะทำการสรุปผลจากกระดานผู้นำและให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเห็นหลังจากการเรียนรู้

ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียน จากการนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร และจากแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาในภาพรวมการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะเห็นว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน นักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ตามข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 ผลการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้

ตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยตามตัวบ่งชี้			หลังการจัดการเรียนรู้
	วงจรปฏิบัติการ 1	วงจรปฏิบัติการ 2	วงจรปฏิบัติการ 3	
1. นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	45.45	69.70	75.76	72.73
2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย	39.39	48.48	66.67	61.63

ตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยตามตัวบ่งชี้			
	วงจรร ปฏิบัติการ	วงจรร ปฏิบัติการ	วงจรร ปฏิบัติการ	หลังการจัดการ เรียนรู้
	1	2	3	
3. เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการ อธิบาย	24.24	42.42	60.61	60.61
4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิง วิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่ สมเหตุสมผล	15.15	33.33	51.52	45.45
5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ เพื่อสังคม	30.30	60.61	72.73	72.73

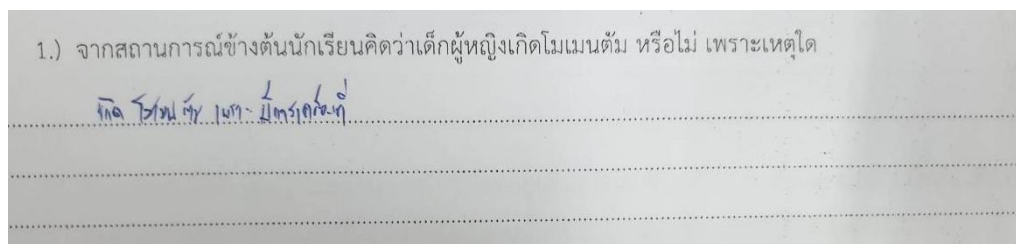
จากตาราง พบว่า คะแนนเฉลี่ยตามตัวบ่งชี้ในแต่ละวงจรรปฏิบัติการมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาแนวโน้มในการพัฒนาตัวชี้วัดจะเห็นว่า แต่ละวงจรรปฏิบัติการมีแนวโน้มการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยจึงขอ นำเสนอผลการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ ในระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมในแต่ละวงจรรปฏิบัติ และ แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการตรวจให้คะแนน โดยมี รายละเอียดดังนี้

วงจรรปฏิบัติการที่ 1

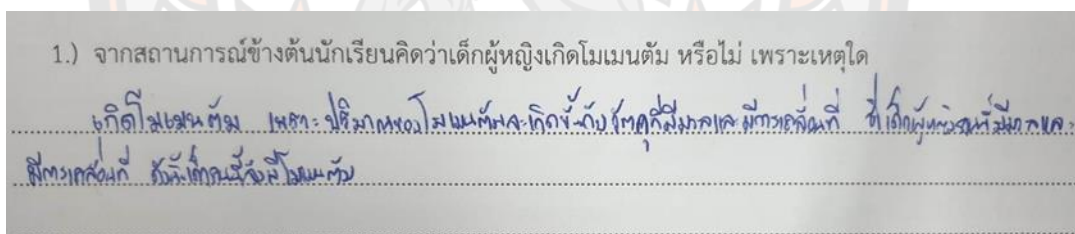
จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การกระโดดบนแทรมโพลีน พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในตัวบ่งชี้นี้ อยู่ที่ระหว่าง 1-2 คะแนน โดยนักเรียนที่ตอบคำถามได้ 1 คะแนนนั้น คือนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้ ดังตัวอย่างรูปภาพการตอบคำถามของนักเรียน ต่อไปนี้



ภาพ 20 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(นักเรียน 5, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถตอบได้ว่า เด็กผู้หญิงเกิดโมเมนตัม แต่ไม่สามารถอธิบายต่อไปได้ว่า เพราะอะไรเด็กผู้หญิงจึงเกิดโมเมนตัม ผู้วิจัยจึงได้มีการสอบถามนักเรียนกลุ่มนี้เพิ่มเติม ผลปรากฏว่านักเรียนยังคงไม่สามารถสร้างคำอธิบายคำตอบของตนเองได้ แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง และมีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้ แม้คำอธิบายนั้นยังไม่ครบถ้วนทั้งหมด ซึ่งเป็นนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ดังตัวอย่างรูปภาพการตอบคำถามของนักเรียน ต่อไปนี้



ภาพ 21 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถตอบได้ว่า เด็กผู้หญิงเกิดโมเมนตัม โดยมีการเขียนอธิบายเหตุผลว่า เพราะเด็กผู้หญิงมีการเคลื่อนที่จึงเกิดโมเมนตัม จากข้อความดังกล่าว เพื่อตรวจสอบว่าการที่นักเรียนไม่สามารถนำเอาหลักการเรื่องโมเมนตัมมาอธิบายเหตุผลของคำตอบในข้อนี้ได้เกิดจากความไม่เข้าใจในเนื้อหา หรือเกิดจากนักเรียนเขียนได้ไม่ครอบคลุม ผู้วิจัยได้มีการสอบถามนักเรียนคนนี้เพิ่มเติมว่า โมเมนตัมของวัตถุเกิดขึ้นมาได้อย่างไร นักเรียนตอบออกมาว่า “การเกิดโมเมนตัมได้วัตถุต้องมีมวล และมีความเร็ว” ผู้วิจัยใช้คำถามต่อว่า “หนูคิดว่าคำตอบทั้งหมดของหนูถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร” นักเรียนตอบออกมาว่า “ไม่ถูกต้องทั้งหมดค่ะ เพราะหนูไม่ได้เขียนถึงมวล ซึ่งมันต้องมี

มวลดด้วย” จากการสอบถามเพิ่มเติมแสดงให้เห็นว่านักเรียนคนนี้นำเอาหลักการเรื่อง โมเมนตัมมาอธิบายเหตุผลของคำตอบในข้อนี้ได้ แต่เขียนไม่ครบถ้วน ถึงอย่างนั้นเมื่อดูการตอบ คำถาม และคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมทั้งหมดของห้อง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้

วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ช่วยคิดที(ความปลอดภัยบนท้อง ถนน) พบว่า นักเรียนมีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล อยู่ในช่วง 1-3 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

1.) จากสถานการณ์ข้างต้น ถ้านักเรียนต้องเลือกปลูกต้นไม้ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหน้า นี้ นักเรียนจะเลือกปลูกต้นอะไร เพราะเหตุใด (อธิบายตามหลักของกฎการอนุรักษ์มวลโมเมนต์ และการชน)

ปลูกต้นไม้ที่หนัก

ภาพ 22 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน

ในวงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2

(นักเรียน 5, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุได้เพียงคำตอบ โดยไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลของ คำตอบ หรือที่มาของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงได้คะแนน 1 คะแนน ซึ่ง แตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียน จากภาพต่อไปนี้

1.) จากสถานการณ์ข้างต้น ถ้านักเรียนต้องเลือกปลูกต้นไม้ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหน้า นี้ นักเรียนจะเลือกปลูกต้นอะไร เพราะเหตุใด (อธิบายตามหลักของกฎการอนุรักษ์มวลโมเมนต์ และการชน)

ปลูกต้นไม้ที่หนัก เพราะต้นไม้ที่หนักมีโมเมนตัมสูง จึงสามารถรับแรงได้ดีกว่าต้นไม้ที่เบา และต้นไม้ที่หนักก็ไม่ได้มีต้นเล็ก

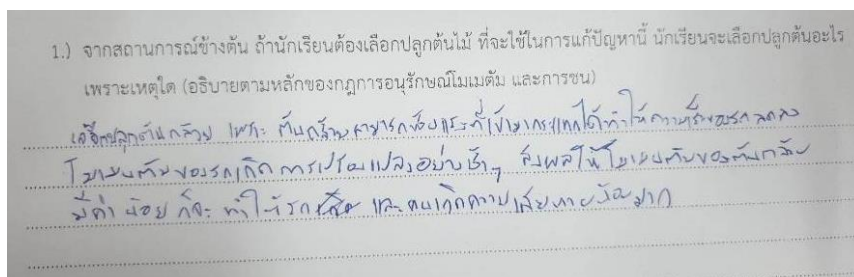
ภาพ 23 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน

ในวงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2

(นักเรียน 13, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบพร้อมอธิบายเหตุผลของคำตอบได้อย่าง ชัดเจนแต่ยังไม่ครบถ้วนถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของ

นักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



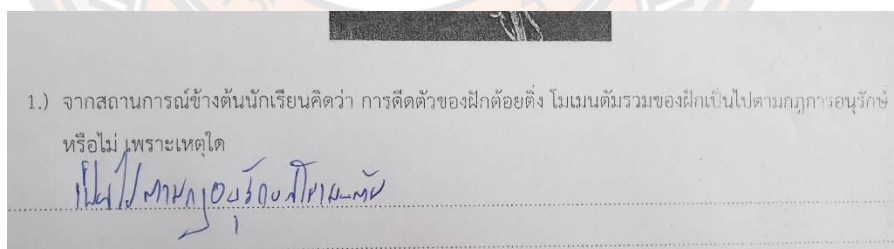
ภาพ 24 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

วงจรปฏิบัติการที่ 3

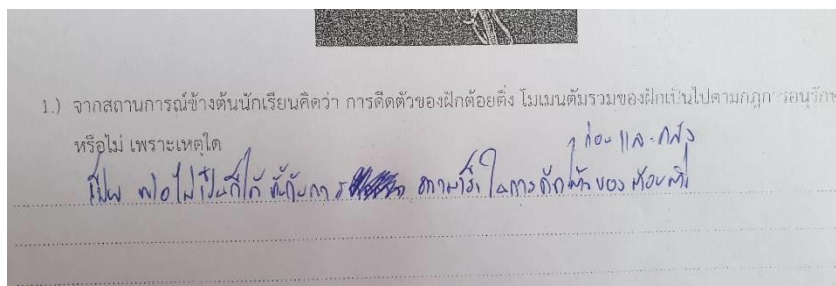
จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การระเบิดของฝัก พบว่า นักเรียนมีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลอยู่ในช่วง 1-3 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 25 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซึ่งที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนนใน
 วงจรปฏิบัติการที่ 3

(นักเรียน 5, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

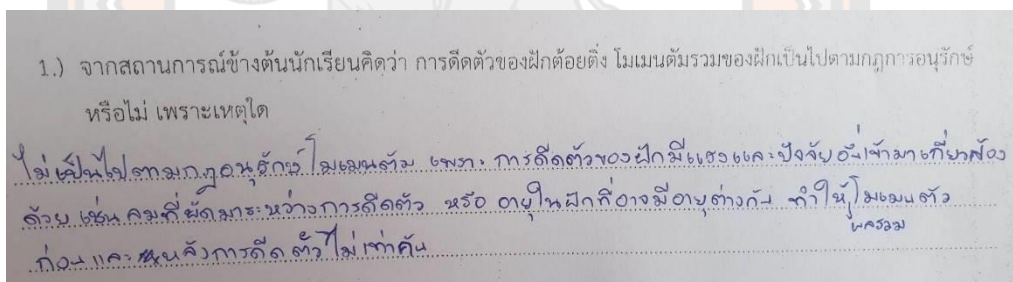
จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุได้เพียงคำตอบ โดยไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลของคำตอบ หรือที่มาของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงได้คะแนน 1 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 26 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

(นักเรียน 7, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบพร้อมอธิบายเหตุผลของคำตอบได้อย่างชัดเจนแต่ยังไม่ครบถ้วนถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 27 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

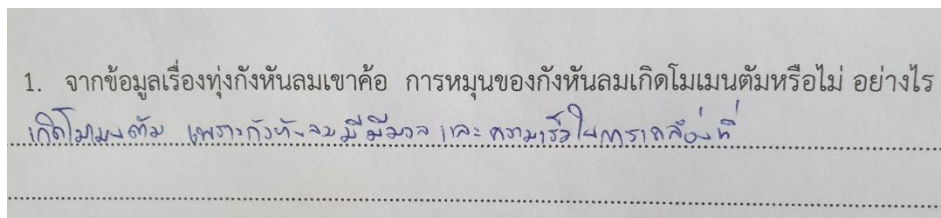
(นักเรียน 11, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังการจัดการเรียนรู้

จากการตรวจแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อที่ 1 และ 3 ซึ่งเป็นแบบทดสอบสำหรับการประเมินตัวบ่งชี้การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลของนักเรียน พบข้อสังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนี้ คำถามข้อที่ 1 เป็นคำถามแบบเขียนตอบอิสระ ใช้สถานการณ์เรื่องทุ่งกังหันลม เมื่อพิจารณาการตอบของนักเรียน

พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายการเกิดโมเมนตัมของกังหันลม โดยการนำความรู้เรื่องโมเมนตัมมาใช้ในการอธิบาย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้



ภาพ 28 แสดงคำตอบข้อที่ 1 ของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1 ที่ได้รับคะแนน

2 คะแนน

(นักเรียน 6, แบบทดสอบสมรรถนะ, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ในส่วนคำถามข้อที่ 3 เป็นคำถามแบบเลือกตอบใช้สถานการณ์เรื่องกังหันลมเมื่อพิจารณาการตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถเลือกคำตอบที่มีการนำความรู้เรื่องโมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมมาใช้ในการอธิบายได้ถูกต้อง

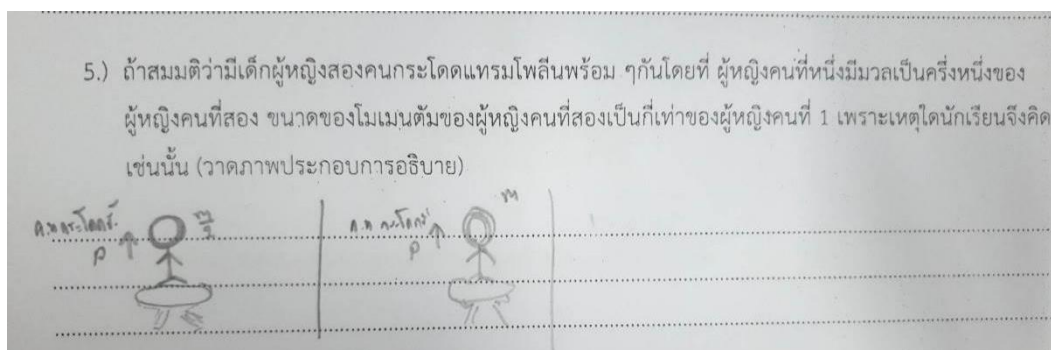
จากข้อสังเกตข้างต้น และจากผลคะแนนการประเมินตัวบ่งชี้นี้ สามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ตัวบ่งชี้ที่ 2 ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการตรวจให้คะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

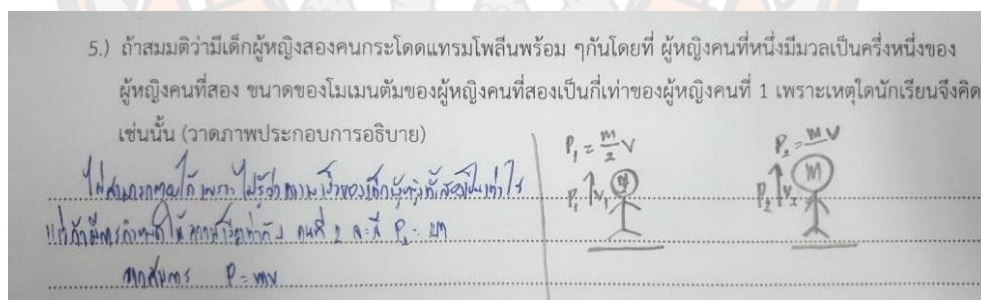
วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การกระโดดบนแทรมโพลีน พบว่ามีคะแนนระหว่าง 0-2 คะแนน นักเรียนที่ทำคะแนนได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่วาดภาพแบบจำลอง หรือนักเรียนที่ไม่สามารถระบุ หรือใช้สัญลักษณ์ได้ถูกต้อง นักเรียนที่ทำคะแนนได้ 1 คะแนน คือนักเรียนที่สามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์ ในการอธิบายการเกิดโมเมนตัมของเด็กผู้หญิงได้ แต่ภาพวาดแบบจำลองนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้ในการอธิบายถึงการเกิดโมเมนตัม และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของเด็กผู้หญิงที่กระโดดแทรมโพลีนได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้



ภาพ 29 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1
(นักเรียน 5, ไบกิจกรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพวาดแบบจำลองของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการเลือกใช้สัญลักษณ์แสดงทิศทางของตัวแปรที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง แต่ภาพแบบจำลองนั้นยังไม่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของเด็กผู้หญิงได้ แต่มีนักเรียนบางคนที่สามารถระบุ ใช้ และวาดภาพแบบจำลองที่สามารถนำไปอธิบายถึงการเกิดโมเมนตัม และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของเด็กผู้หญิงได้ แม้จะยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ คือนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้

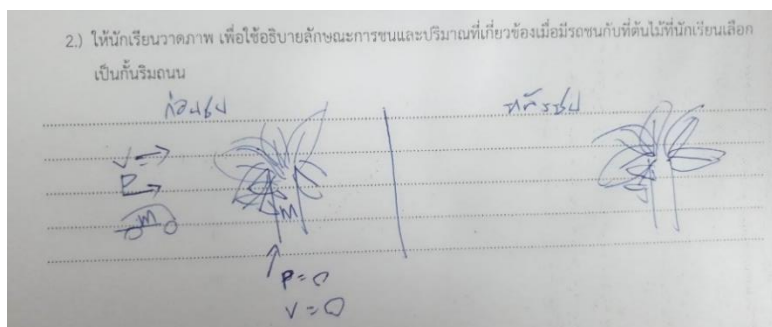


ภาพ 30 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1
(นักเรียน 7, ไบกิจกรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

วงจรปฏิบัติการที่ 2

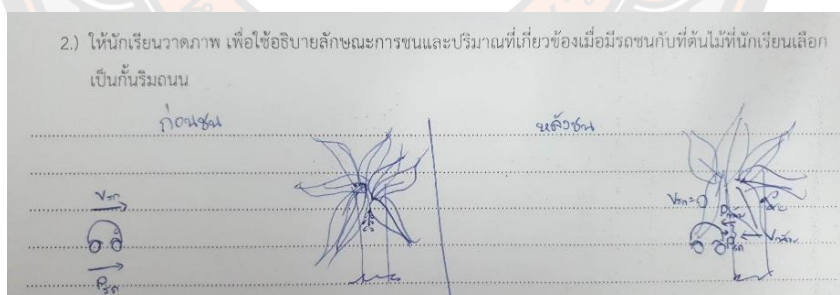
จากการตอบคำถามของนักเรียนจากไบกิจกรมที่ 4 เรื่อง ช่วยคิดที(ความปลอดภัยบนท้องถนน) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายอยู่ในช่วง 0-3 คะแนน นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม นักเรียน

ที่ได้ 1 คะแนน คือ นักเรียนที่สามารถวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้องบางส่วน ตัวอย่างการตอบคำถาม
ของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 31 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
(นักเรียน 1, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

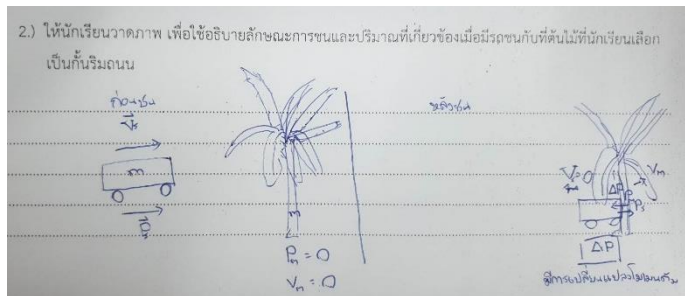
จากภาพ พบว่า คือนักเรียนที่สามารถเขียนตัวแปร และสัญลักษณ์ในภาพแบบจำลองได้
แต่สัญลักษณ์ และตัวแปรยังไม่ถูกต้องทั้งหมดรวมถึงภาพแบบจำลองนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ในการ
อธิบายการชนกันของวัตถุตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัมได้ ซึ่งแตกต่างจากนักเรียน ที่ได้ 2 คะแนน แสดง
ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 32 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนตัวแปร และสัญลักษณ์ในภาพแบบจำลองได้ ถูกต้อง
ทั้งหมด แต่ภาพแบบจำลองนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการชนกันของวัตถุตามกฎอนุรักษ์

โมเมนต์ได้ ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถวาดภาพแบบจำลองได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 33 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

(นักเรียน 8, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

วงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การระเบิดของฝัก พบว่า นักเรียนมีความสามารถระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายอยู่ในช่วง 0-3 คะแนน นักเรียนที่ได้คะแนน 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม นักเรียนที่ได้ 1 คะแนน คือนักเรียนที่สามารถ ระบุ ใช้สัญลักษณ์ และสร้างแบบจำลองได้แต่ยังไม่ถูกต้อง และสมบูรณ์ทั้งหมด แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

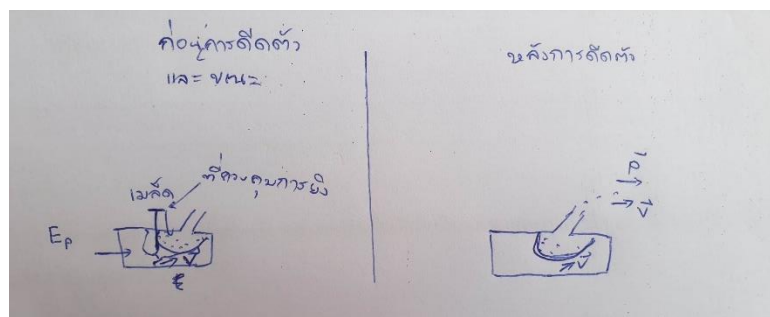


ภาพ 34 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

(นักเรียน 5, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

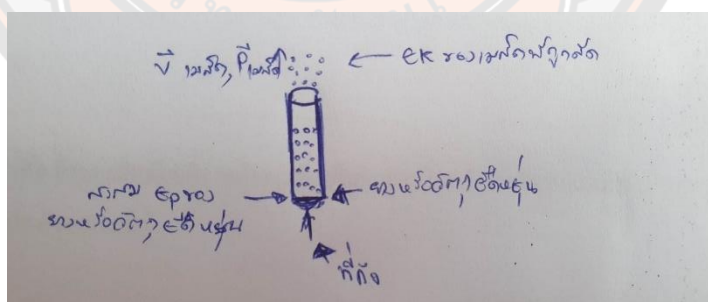
จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุได้สัญลักษณ์ทิศทาง และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง แต่ภาพวาดแบบจำลองยังไม่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายเหตุการณ์การติดตัวของฝักได้ ซึ่งแตกต่างจาก

การตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไป



ภาพ 35 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 6, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์ ตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด รวมถึงมีความสอดคล้องที่สามารถนำไปใช้อธิบายการติดตัวของผักได้แต่ยังไม่ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์ ตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด รวมถึงมีความสอดคล้องที่สามารถระบุ และใช้สัญลักษณ์ ตัวแปรได้ถูกต้อง และภาพแบบจำลองนั้นสามารถนำไปใช้อธิบายการติดตัวของผักได้อย่างถูกต้องทั้งหมด จากภาพต่อไป

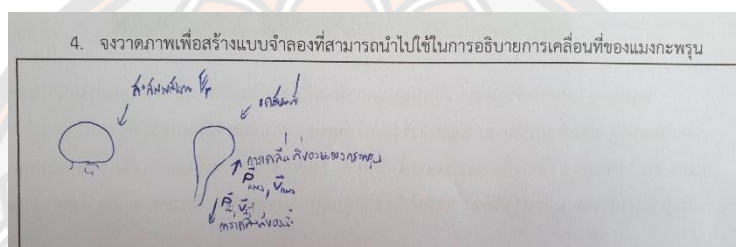


ภาพ 36 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 2 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 8, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

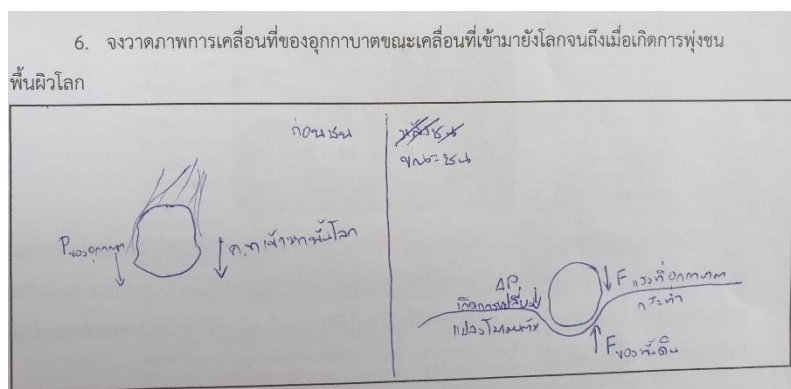
หลังการจัดการเรียนรู้

จากการตรวจแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อที่ 4 และ 6 ซึ่งเป็นแบบทดสอบสำหรับการประเมินตัวบ่งชี้การระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายของนักเรียน พบข้อสังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนี้ คำถามข้อที่ 4 เป็นคำถามแบบเขียนตอบอิสระ ใช้สถานการณ์เรื่อง แมงกะพุน โดยข้อสอบนี้ นักเรียนต้องวาดภาพแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของแมงกะพุน เมื่อพิจารณาการตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถระบุ และเลือกใช้สัญลักษณ์ในประกอบการวาดภาพแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของแมงกะพุนได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้



ภาพ 37 แสดงคำตอบข้อที่ 4 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย (นักเรียน 3, แบบทดสอบสมรรถนะ, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ในส่วนคำถามข้อที่ 6 เป็นคำถามแบบเขียนตอบอิสระ ใช้สถานการณ์ เรื่อง หลุมอุกกาบาต บาร์ริงเกอร์ โดยข้อสอบนี้ นักเรียนต้องวาดภาพแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของอุกกาบาต เมื่อพุ่งชนพื้นผิวโลก เมื่อพิจารณาการตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถระบุ และเลือกใช้สัญลักษณ์ในประกอบการวาดภาพแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของอุกกาบาตเมื่อพุ่งชนพื้นผิวโลกได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้



ภาพ 38 แสดงคำตอบข้อที่ 6 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

(นักเรียน 10, แบบทดสอบสมรรถนะ, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

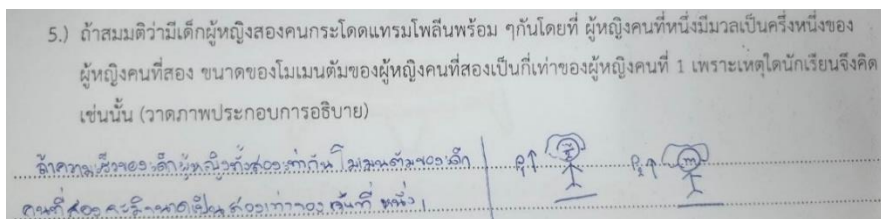
จากข้อสังเกตข้างต้น และจากผลคะแนนการประเมินตัวบ่งชี้ที่ 2 นี้สามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 2 ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการตรวจให้คะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การกระโดดบนแตรมโพลีน พบว่านักเรียนได้คะแนนในตัวบ่งชี้ที่ 3 อยู่ระหว่าง 0-1 คะแนน นักเรียนที่ได้คะแนน 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่เขียนสมมติฐาน หรือไม่สามารเขียนสมมติฐานเพื่ออธิบายถึงขนาดของโมเมนต์ที่เปลี่ยนไปของเด็กผู้หญิง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำคะแนนได้ 1 คะแนน นักเรียนกลุ่มนี้สามารถสร้างสมมติฐานขึ้นมาได้ แต่คำอธิบายของสมมติฐานนั้นไม่มีความเป็นเหตุเป็นผลที่สอดคล้องกับสถานการณ์ ดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้

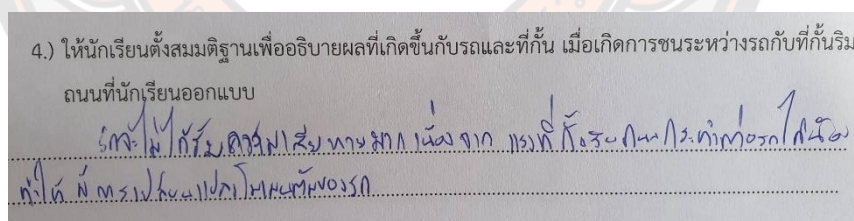


ภาพ 39 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซีที 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
(นักเรียน 10, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนมีการเขียนสมมติฐาน แต่สมมติฐานนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายถึงขนาดของโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของเด็กผู้หญิง

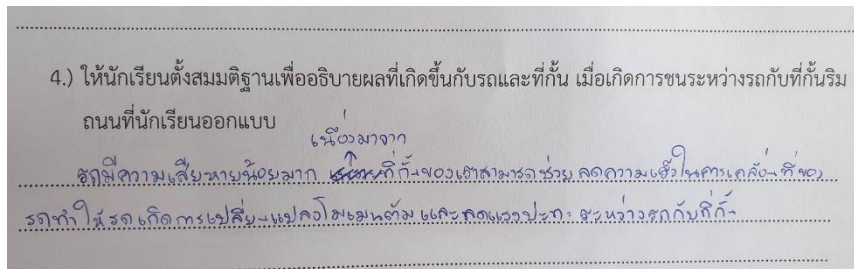
วงจรปฏิบัติการที่ 2

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ช่วยคิดที(ความปลอดภัยบนท้องถนน) พบว่า นักเรียนมีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลอยู่ในช่วง 0-2 คะแนน นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม นักเรียนที่ได้ 1 คะแนน คือ นักเรียนที่มีการเขียนสมมติฐาน แต่ยังไม่สมบูรณ์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 40 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซีที 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
(นักเรียน 1, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนรูปประโยคเป็นการตั้งสมมติฐานได้ แต่เนื้อความยังไม่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



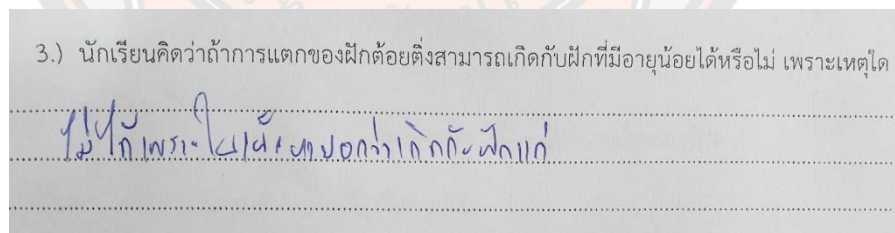
ภาพ 41 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

(นักเรียน 11, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงสมมติฐานได้แต่ยังมีส่วนที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

วงจรปฏิบัติการที่ 3

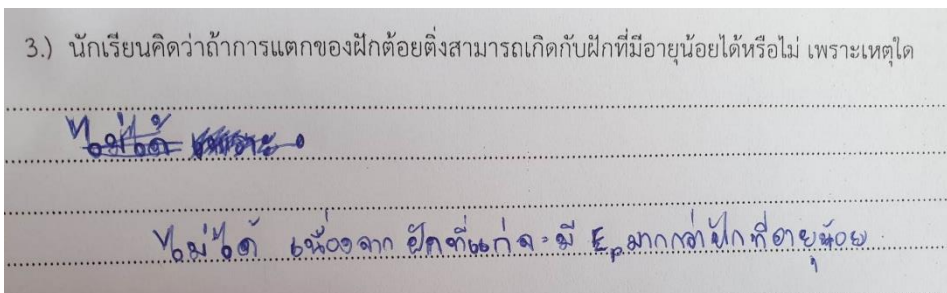
จากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การระเบิดของฝัก พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายอยู่ในช่วง 0-3 คะแนน นักเรียนที่ได้คะแนน 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม นักเรียนที่ได้ 1 คะแนน คือนักเรียนที่มีการเขียนสมมติฐาน แต่ยังไม่สมบูรณ์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 42 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

(นักเรียน 5, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนรูปประโยคเป็นการตั้งสมมติฐานได้ แต่เนื้อความยังไม่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 43 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองชี้ที่ 3 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

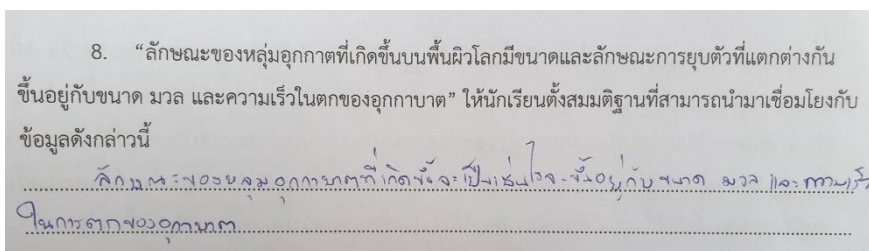
(นักเรียน 6, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงสมมติฐานได้แต่ยังมีส่วนที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนนที่สามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายการติดตัวของฝักได้อย่างถูกต้อง และเป็นไปตามหลักทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังการจัดการเรียนรู้

จากการตรวจแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อที่ 5 และ 8 ซึ่งเป็นแบบทดสอบสำหรับการประเมินตัวเองชี้เสนอการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายของนักเรียน พบข้อสังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนี้ คำถามข้อที่ 5 เป็นคำถามแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ใช้สถานการณ์เรื่อง แมงกะพุน โดยข้อสอบนี้นักเรียนต้องเลือกสมมติฐานที่สามารถนำไปใช้ในการอธิบายการเกิดโมเมนตัมของแมงกะพุน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเลือกถูกต้องเพียงข้อเดียว ในส่วนของคำถามข้อที่ 8 เป็นคำถามแบบเขียนตอบอิสระ ใช้สถานการณ์การชนบนท้องถนน นักเรียนต้องสามารถเสนอสมมติฐานเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของรถที่เกิดขึ้นหลังการชน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้



ภาพ 44 แสดงคำตอบข้อที่ 8 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

(นักเรียน 8, แบบทดสอบสมรรถนะ, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

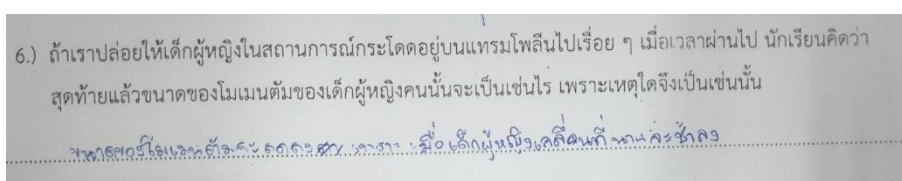
จากภาพตัวอย่างคำตอบของนักเรียน จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของรถที่เกิดขึ้นหลังการชนอย่างเป็นเป็นผลตามหลักการเรื่องโมเมนตัม และการชน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ตัวบ่งชี้ที่ 4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการตรวจให้คะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การกระโดดบนแตรมโพลีน พบว่านักเรียนมีคะแนนอยู่ระหว่าง 0-1 คะแนน นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ นักเรียนที่สามารถทำคะแนนได้ 1 คะแนน คือนักเรียนที่มีการเขียนคำตอบที่แสดงถึงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้



ภาพ 45 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการในตัวบ่งชี้ที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(นักเรียน 8, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า คำตอบของนักเรียนแสดงถึงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแต่คำอธิบายนั้นยังไม่มีส่วนที่เป็นเหตุเป็นผลตามหลักการของโมเมนตัม และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่มีความสามารถด้านการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

วงจรถอบคำถามที่ 2

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ช่วยคิดที(ความปลอดภัยบนท้องถนน) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลอยู่ในช่วง 0-2 คะแนน นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม ส่วนนักเรียนที่ได้ 1 คะแนน คือ นักเรียนที่สามารถเขียนพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงได้ แต่ไม่สามารถอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

5.) ให้นักเรียนคาดการณ์ผลที่จะเกิดการชนระหว่างรถกับที่กั้นริมถนนที่นักเรียนออกแบบตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

รถจะเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และที่กั้นจะ...

ภาพ 46 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองชี้ที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน

ในวงจรถอบคำถามที่ 2

(นักเรียน 3, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับรถ แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักทฤษฎีวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

5.) ให้นักเรียนคาดการณ์ผลที่จะเกิดการชนระหว่างรถกับที่กั้นริมถนนที่นักเรียนออกแบบตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

รถมีความเร็วมากขึ้น เพราะ แรงที่รถกระทำต่อที่กั้น...
ทำให้โมเมนตัมของรถมีค่าสูงขึ้น ความพิกัดของรถในการเคลื่อนที่จะลดลงด้วย...
ที่กั้น จะเกิดการหมุนตัวเล็กน้อยเนื่องจากแรงกระทำ

ภาพ 47 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองชี้ที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน

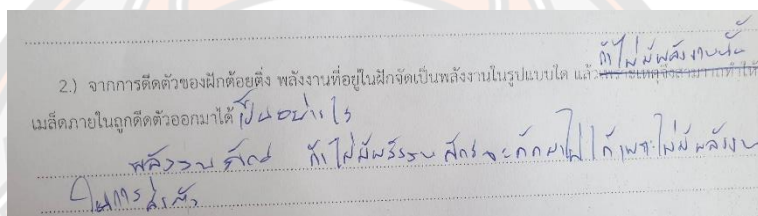
ในวงจรถอบคำถามที่ 2

(นักเรียน 11, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับรถได้ โดยมี การอธิบายเหตุผลแต่ยังไม่เป็นไปตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมี พัฒนาการในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้น จากวงจรปฏิบัติการที่ 1

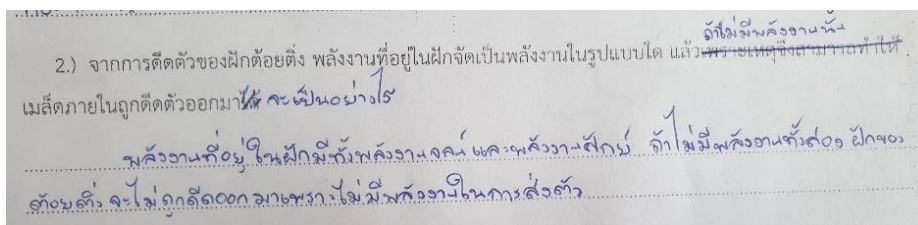
วงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การระเบิดของฝัก พบว่า นักเรียนมีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลอยู่ ในช่วง 0, 2 และ 3 คะแนน นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม ส่วนนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน คือ นักเรียนสามารถเขียนได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับการติดตัวของเมล็ดฝักที่มีอายุต่างกัน แสดง ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 48 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองชี้ที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 13, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับการติดตัวของเมล็ดฝักที่มีอายุต่างกันได้ แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงได้ตามหลัก ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถเขียนพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่ จะเกิดขึ้นกับการติดตัวของเมล็ดฝักที่มีอายุต่างกันได้ และสามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุของการ เปลี่ยนแปลงได้ตามหลักทางวิทยาศาสตร์ แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

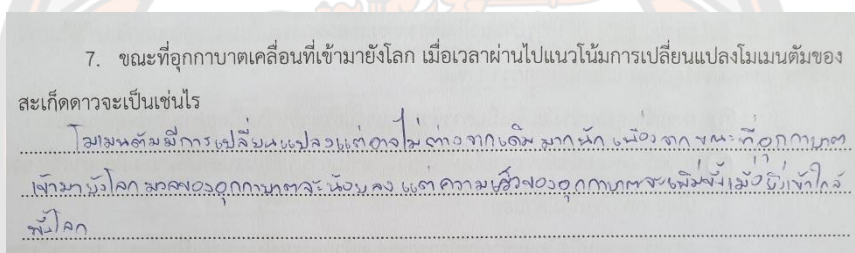


ภาพ 49 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองชี้ที่ 4 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 11, ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังการจัดการเรียนรู้

จากการตรวจแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อที่ 2 และ 7 ซึ่งเป็นแบบทดสอบสำหรับการประเมินตัวบ่งชี้การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลของนักเรียน พบข้อสังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนี้ คำถามข้อที่ 2 เป็นคำถามแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ใช้สถานการณ์เรื่อง ฟุ้งกังหันลมเขาค้อ โดยข้อความนี้ นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่สอดคล้องกับการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ของกังหัน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถ เลือกคำตอบถูกต้องทั้งหมด ในส่วนของคำถามข้อที่ 7 เป็นคำถามแบบเขียนตอบอิสระ ใช้สถานการณ์การ เรื่อง หลุมอุกกาบาตบาร์ริงเกอร์ นักเรียนต้องสามารถ คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของอุกกาบาต ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้



ภาพ 50 แสดงคำตอบข้อที่ 7 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล (นักเรียน 11, แบบทดสอบสมรรถนะ, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

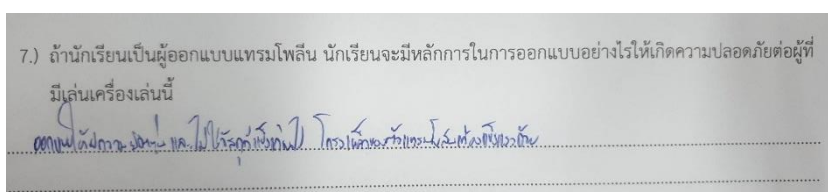
จากภาพ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถเขียนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของอุกกาบาตเมื่อพุ่งเข้ามาชนโลกได้โดยใช้หลักการ เรื่องโมเมนตัมและการชน เข้ามาอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

ตัวบ่งชี้ที่ 5 อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มาทำการตรวจให้คะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

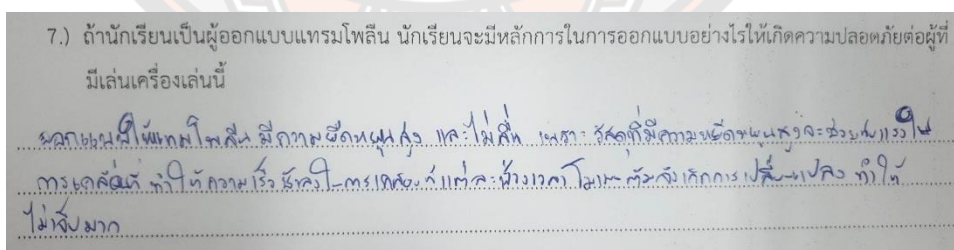
จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การกระโดดบนแทรมโพลีน พบว่านักเรียนมีคะแนนอยู่ระหว่าง 0-2 คะแนน โดยนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน คือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม นักเรียนที่ได้ 1 คะแนน คือสามารถนำความรู้เรื่องโมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัมไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้



ภาพ 51 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(นักเรียน 6, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถตอบได้ว่า จะแก้ไขอย่างไร แต่ไม่มีการอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน คือ นักเรียนที่สามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และมีการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล แต่ถึงอย่างนั้นเมื่อดูในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้



ภาพ 52 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(นักเรียน 10, ใบกิจกรรมที่ 2, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

วงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2

จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ช่วยคิดที(ความปลอดภัยบนท้องถนน) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมอยู่ในช่วง 1-3 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

3.) ถ้ามีการอนุมัติให้สามารถสร้างที่กันริมทางเพื่อลดอุบัติเหตุ นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุแบบใด
อะไรจึงเป็นเช่นนั้น
เหล็กใช้ขึงทาง

ภาพ 53 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน ในวงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2

(นักเรียน 4, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

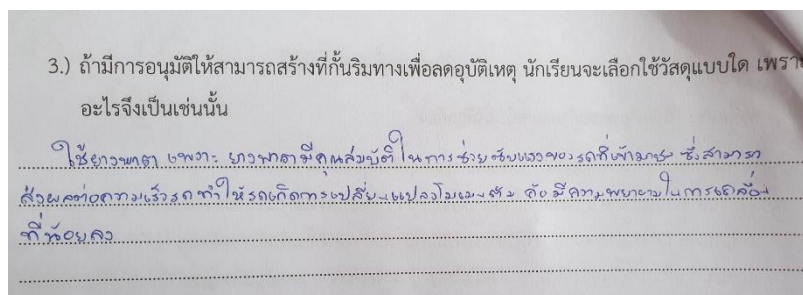
จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุได้เพียงคำตอบ โดยไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลของคำตอบ หรือที่มาของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงได้คะแนน 1 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

3.) ถ้ามีการอนุมัติให้สามารถสร้างที่กันริมทางเพื่อลดอุบัติเหตุ นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุแบบใด
อะไรจึงเป็นเช่นนั้น
ใช้เหล็กใช้ขึงทาง ใช้เหล็กใช้ขึงทาง ใช้เหล็กใช้ขึงทาง ใช้เหล็กใช้ขึงทาง ใช้เหล็กใช้ขึงทาง

ภาพ 54 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน ในวงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2

(นักเรียน 13, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้ความรู้พร้อมอธิบายเหตุผลแต่เหตุผลนั้นยังไม่เป็นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถเขียนคำตอบที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้ความรู้พร้อมอธิบายเหตุผลที่เป็นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้งหมด แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้

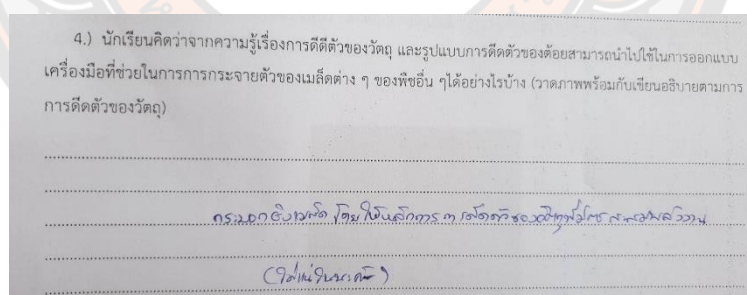


ภาพ 55 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซีที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
(นักเรียน 11, ใบกิจกรรมที่ 4, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

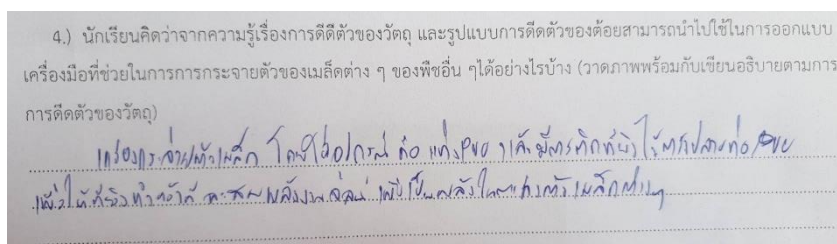
วงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการตอบคำถามของนักเรียนจากใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การระเบิดของฟัก พบว่านักเรียนมีความสามารถในการอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมอยู่ในช่วง 1-3 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



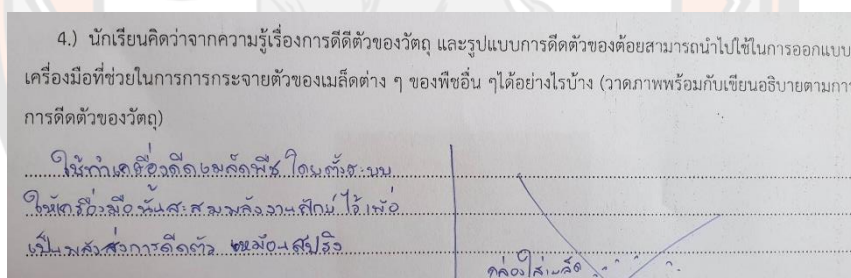
ภาพ 56 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวเองซีที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 1 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 4 , ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถระบุได้เพียงคำตอบ โดยไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลของคำตอบ หรือที่มาของคำตอบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงได้คะแนน 1 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 57 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 2 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 13 , ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

จากภาพ พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้ความรู้พร้อมอธิบายเหตุผลแต่เหตุผลนั้นยังไม่เป็นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ที่สามารถเขียนคำตอบที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้ความรู้พร้อมอธิบายเหตุผลที่เป็นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้งหมด แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากภาพต่อไปนี้



ภาพ 58 แสดงคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 5 ที่ได้รับคะแนน 3 คะแนน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
(นักเรียน 11 , ใบกิจกรรมที่ 6, 28 กุมภาพันธ์ 2566)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังการจัดการเรียนรู้

จากการตรวจแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อที่ 9 และ 10 ซึ่งเป็นแบบทดสอบสำหรับการประเมินตัวบ่งชี้การอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมของนักเรียน พบข้อสังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนี้ คำถามข้อที่ 9 เป็นคำถามแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ใช้สถานการณ์ เรื่อง การชนบนท้องถนน โดย

ข้อคำถามนี้นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่สอดคล้องกับการสร้างความปลอดภัยด้วยคุณมณีนริภัยตามหลักการของโมเมนตัม และการชน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถ เลือกคำตอบถูกต้องทั้งหมด ในส่วนของคำถามข้อที่ 10 เป็นคำถามแบบเลือกตอบ ใช้สถานการณ์การ เรื่อง การสร้างเสื่อเกราะกันกระสุน นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่นำหลักการ เรื่องโมเมนตัมและการชนมาใช้ในการอธิบายการทำเสื่อเกราะ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด ดังภาพตัวอย่างการเลือกตอบของนักเรียน

จากข้อสังเกตข้างต้น และจากผลคะแนนการประเมินตัวบ่งชี้ที่สามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 5 อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

จากผลคะแนนการประเมินตัวบ่งชี้ การวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมของแต่ละวงจรปฏิบัติการ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า นักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะเห็นว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน นักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 1 การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่ส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน แสดงรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์

ครูอธิบายถึงแนวทางและกติกการในการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้เข้าใจถึงรูปแบบ และเงื่อนไขของการให้รางวัล จากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำการสังเกตปรากฏการณ์ที่ครูเตรียมมา ปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ควรมีความน่าสนใจ น่าสนใจ ไม่ซับซ้อน และเกิดขึ้นในชีวิตจริง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคำถามที่ใช้จะเป็นคำถามที่สามารถให้นักเรียนได้ฝึกการดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายได้อย่างสมเหตุสมผล เช่น ทำไมจึงเป็นเช่นนี้ เพราะอะไรนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น เป็นต้น ครูมีการค้นหาและใช้คำถามกับนักเรียนเมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ไม่เข้าใจในกิจกรรม และมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมในการให้คะแนน หรือรางวัลบนกระดานผู้นำ

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง

ครูอธิบายเกี่ยวกับความหมาย ลักษณะ และวิธีการวาดภาพแบบจำลอง หรือมีการแสดงตัวอย่างของภาพวาดแบบจำลองที่นักเรียนต้องสร้าง รวมถึงระบุเป้าหมายของการใช้วาดภาพจำลอง จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียน ก่อนนักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ระหว่างที่นักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในการทำกิจกรรมเป็นระยะ เมื่อนักเรียนวาดภาพแบบจำลองเสร็จสิ้นควรให้ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลงานตนเอง โดยมีคะแนน และการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค่อยๆกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

ครูให้นักเรียนทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนด้วยวิธีการทดลองจริง หรือการทดลองผ่านสถานการณ์จำลอง และการสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ ก่อนที่นักเรียนจะทำการทดลอง ครูต้องมีการอธิบายถึงแนวทางในการตั้งสมมติฐาน และมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ระหว่างการทำกิจกรรมครูควรมีการใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอยู่เสมอ อาจใช้วิธีการสุ่มถามให้นักเรียนเพื่อให้อธิบายว่ากิจกรรมที่กำลังทำคืออะไร และมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไรโดยมีคะแนน และการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค่อยๆกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง

ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการสืบค้นมาประมวลผล เพื่อนำมาวาดภาพแบบจำลอง ซึ่งภาพจากแบบจำลองขั้นนี้เป็นภาพที่ได้จากองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบแบบจำลองแรก เพื่อระบุความเหมือนและความแตกต่างที่เกิดขึ้น ก่อนให้นักเรียนทำการประเมินแบบจำลองครูควรใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และระหว่างการทำกิจกรรมครูควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ออกมาว่า เพราะอะไร ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนได้ฝึกการตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายว่าแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วควรเป็นเช่นไร โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค่อยๆกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ

ครูจะให้นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวคิดอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับหลักการของเรื่องที่เรียน โดยทฤษฎี หรือแนวคิดที่นำมาต้องไม่ซับซ้อน หรือยากเกินความเข้าใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนไม่เกิดความสับสน และเกิดความคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ หรือข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา หลังจากนักเรียนศึกษาทฤษฎี หรือแนวคิดนั้น ครูและนักเรียนควรร่วมกันสรุปใจความความสำคัญ เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดประเด็น รวมถึงการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน

ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างของแนวคิดที่ได้ศึกษากับความรู้จากการเรียนรู้ที่ผ่าน โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง

ครูอธิบายถึงรูปแบบของภาพวาดแบบจำลองที่สมบูรณ์อีกครั้งว่าจะต้องประกอบด้วยสัญลักษณ์ และตัวแปรที่สามารถใช้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดได้ จากนั้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้มาไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมของตนเอง โดยครูจะใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เช่น จากแบบจำลองที่นักเรียนเคยทำมานั้น นักเรียนคิดว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ อย่างไร นักเรียนระบุได้หรือว่าจะปรับเปลี่ยนอะไรในแบบจำลอง เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น เป็นต้น เมื่อนักเรียนทำการวาดภาพแบบจำลองของตนเองสมบูรณ์จนสามารถนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนได้ จะมีการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับเปลี่ยนแล้ว นักเรียนทั้งหมดจะร่วมกันเลือกแบบจำลองที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ โดยมีการเพิ่มระดับบนกระดานผู้นำเป็นสิ่งค้อยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมา

ขั้นที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ขั้นนี้ครูกำหนดสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนแต่ละคนนำแบบจำลองที่สมบูรณ์ที่ได้จากการเลือกในขั้นที่ 6 มาประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์ และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใหม่ ระหว่างการทำกิจกรรมครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมาสร้างเป็นคำอธิบายให้ได้มากที่สุด จากนั้นครูจะสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนถึงข้อมูลที่นักเรียนเขียนคำตอบมา เมื่อนักเรียนนำเสนอเสร็จครูและนักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดจากการเรียนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำความรู้ที่เรียนมาไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นครูจะทำการสรุปผลจากกระดานผู้นำ และให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเห็นหลังจากการเรียนรู้

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองร่วมกับเกมมิฟิเคชันข้างต้น พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ครูเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัว เกิดขึ้นจริง ไม่มีความซับซ้อนมากเกินไป หรือเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนมีประสบการณ์ตรง จะยิ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์และเชื่อมโยงข้อมูลได้ง่าย ถ้าใช้สถานการณ์ที่ซับซ้อน และเข้าใจยากจะทำให้นักเรียนไม่เปิดใจในการเรียนรู้ ในกิจกรรมของการสร้างแบบจำลอง แบบจำลองที่เลือกใช้ควรเป็นแบบจำลองที่สอดคล้องกับเนื้อหา และความสามารถของนักเรียน นอกจากนี้การใช้คำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสิ่งที่สำคัญที่สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย คำถามที่เลือกใช้

ประกอบด้วย คำถามที่ใช้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ คำถามที่ใช้เพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมามากที่สุด เพราะการเขียนข้อมูลของนักเรียนอาจไม่สามารถสะท้อนความสามารถของนักเรียนได้ทั้งหมด การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ตอบออกมาจึงเป็นส่วนสำคัญของการสะท้อนถึงความสามารถของนักเรียน ส่วนองค์ประกอบของเกมที่น่ามาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แต่ละองค์ประกอบสามารถช่วยส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้โดยเฉพาะการองค์ประกอบการสร้างเรื่องราว และการแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาที่สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนอย่างเป็นระบบเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล การให้รางวัล การเพิ่มระดับ หรือการปรับความคืบหน้าบนกระดานผู้นำสามารถช่วยเพิ่มแรงกระตุ้นในการแสดงออกถึงความสามารถของนักเรียน และสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดีส่งผลให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

จากผลการวิจัยแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยแสดงรายละเอียดตามตัวบ่งชี้ ต่อไปนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

การพัฒนาความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล ในช่วงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้นนักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้ นักเรียนตอบคำถามโดยไม่มีคำอธิบายเหตุผลประกอบเมื่อครูใช้คำถามนักเรียนก็ไม่สามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายได้ แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่ครูได้มีการใช้คำถามกับนักเรียนเป็นประจำในแต่ละวงจรปฏิบัติการ รวมถึงมีการกระตุ้นให้นักเรียนต้องตอบคำถามอย่างโดยใช้เหตุผล และมีการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นผ่านกระบวนการอภิปรายภายในห้องเรียน ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล ส่งผลให้ นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน

ตัวบ่งชี้ที่ 2 ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

การพัฒนาความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายของนักเรียน ในช่วงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้น นักเรียนไม่สามารถระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายสถานการณ์ เนื่องจากนักเรียนไม่มีความรู้ และไม่มีประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองโดยการวาดภาพแบบจำลองที่ต้องมีการระบุ และใช้สัญลักษณ์

ประกอบ แต่เมื่อนักเรียนได้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกม มิฟิกชัน ที่ต้องทำการสร้างแบบจำลอง ประเมินแบบจำลอง และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในแต่ละ วงจรปฏิบัติการ ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเลือกใช้ สัญลักษณ์และตัวแปรในการนำมาเพื่ออธิบาย ประกอบกับแบบจำลอง ส่งผลให้ความสามารถในการระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอ ข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถเลือกใช้ สัญลักษณ์ และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

การพัฒนาความสามารถด้านการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายสถานการณ์ของ นักเรียน ในช่วงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้น นักเรียนยังไม่สามารถเสนอสมมติฐาน เพื่อใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องเนื่องจากนักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจในการตั้งสมมติฐานที่เพียงพอ ทำให้สมมติฐานที่นักเรียนเสนอมาไม่สามารถนำมาใช้ในการอธิบาย สถานการณ์ได้ แต่เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้โดยการอธิบาย และฝึกการตั้งสมมติฐานจากการทำ กิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติ ส่งผลให้ความสามารถด้านการเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย สถานการณ์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น แม้จะเป็นความสามารถที่มีคะแนนในการประเมินน้อย แต่เมื่อเทียบ คะแนนระหว่างเรียน และหลังเรียนจะพบว่านักเรียนมีผลการพัฒนาที่สูงขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่ สมเหตุสมผล

การพัฒนาความสามารถด้านการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้ เหตุผลที่สมเหตุสมผล ในช่วงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้น นักเรียนยังไม่สามารถ พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลได้ เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจผิดว่าการพยากรณ์คือการสมมติฐาน ทำให้ในการจัดการเรียนรู้ครูต้อง มีการอธิบายความแตกต่างระหว่างตัวบ่งชี้ทั้งสองรวมถึงมีการยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความ แตกต่าง โดยในแต่ละวงจรปฏิบัตินั้นครูจะมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการคาดการณ์สิ่งที่จะ เกิดขึ้นกับสถานการณ์นี้โดยใช้เหตุและผล การใช้สถานการณ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละวงจรทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อนำมาคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น แม้ว่า ตัวบ่งชี้จะมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่เมื่อเทียบคะแนนระหว่างเรียนและก่อนเรียนจะพบว่านักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติ

ตัวบ่งชี้ที่ 5 อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อ สังคม

การพัฒนาความสามารถการอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถ นำไปใช้เพื่อสังคมของนักเรียน ในช่วงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้น นักเรียนยังไม่

สามารถอธิบายได้ว่าสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนักเรียนควรจะแก้ปัญหาอย่างไรตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนตอบถึงแนวทางการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถอธิบายออกมาได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันแล้วนักเรียนสามารถอธิบายแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยของใบกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

อภิปรายผล

ผลการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่ส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

การนำปรากฏการณ์หรือสถานการณ์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบของเนื้อหาได้ง่าย และเห็นภาพของสิ่งที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรมีลักษณะเป็นสิ่งที่ใกล้ตัวนักเรียน มีรายละเอียดที่ไม่ซับซ้อน และต้องเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ตัวอย่างการใช้สถานการณ์ เช่น การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์การตกของลูกบอล การเคลื่อนที่ของลูกโป่ง เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ogundeji, Madu and Onuya (2019) ที่กล่าวว่า การใช้ปรากฏการณ์จะให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เนื่องจากปรากฏการณ์เป็นสิ่งที่นักเรียนจะสามารถเห็นภาพได้ชัดเจน โดยเฉพาะในเนื้อหาฟิสิกส์ที่เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรม นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในการ ระบุ หรือเลือกใช้สัญลักษณ์ในการนำมาสร้างแบบจำลองได้ง่ายกว่าปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน

การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น การสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ การตรวจสอบข้อมูลผ่านการทดลอง การสังเกตและสร้างคำอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น เป็นต้น การปฏิบัติสิ่งเหล่านี้ด้วยตนเองจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการตั้งสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์การทดลองนั้น ๆ หรืออาจมีการเชื่อมโยงความรู้ที่มีเพื่อคาดการณ์ถึงสถานการณ์ที่จะเกิดตามหลักการ

ทางวิทยาศาสตร์ การให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิด และการเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สันติชัย อนุวรชัย (2018) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ วางแผน ออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วพยายามสร้างเป็นคำอธิบายของตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เน้นการสร้าง ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีประสิทธิภาพในการทำความเข้าใจในเนื้อหาหรือโมทัศน์ของเรื่องที่เรียนมากกว่าการบอกหรือการสอนของผู้สอนโดยตรง

การใช้คำถามในการจัดกิจกรรม ควรใช้คำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ และกระตุ้นการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ตัวอย่างคำถามเช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าลูกบอลเกิดโมเมนตัม เพราะอะไรโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองจึงแตกต่างกัน สิ่งใดหรือหลักฐานใดที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นต้น การใช้คำถามของครูจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิด และฝึกการอธิบายโดยใช้เหตุผลด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการทำกิจกรรมครูควรมีการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอยู่เสมอ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานการเรียนรู้ที่ไม่เท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รังสิณี พูลเพิ่ม และคณะ (2561) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาความคิดใหม่ๆ โดยกระบวนการถามจะช่วยขยายทักษะการคิดทำความเข้าใจให้กระจ่าง ได้ข้อมูลย้อนกลับทั้งด้านการเรียนการสอน ก่อให้เกิดการทบทวน การเชื่อมโยงระหว่างความคิดต่าง ๆ ส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและเกิดความท้าทาย

การนำเกมมิฟิเคชันเข้าร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะสามารถช่วยสร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้แล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalogiannakis, Papadakis and Zourmpakis (2021) ที่กล่าวว่า การใช้กระบวนการเกมมิฟิเคชันส่งผลเชิงบวกต่อการเรียนรู้ของนักเรียน แม้การสร้างสภาพแวดล้อมแบบเกมจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนในระยะสั้น แต่การนำองค์ประกอบของเกมเข้าไปในรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น การเรียนรู้แบบกลับด้าน การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นต้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนในระยะยาว

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน มีการส่งเสริมและพัฒนาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ราตรี ยะคำ (2020) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถทำให้นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ตัวบ่งชี้

2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องโมเมนตัมและการชน มีคะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน และหลังเรียนสูงขึ้นทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ เมื่อพิจารณาการพัฒนาตัวบ่งชี้ในภาพรวมจากใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า ตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ มีแนวโน้มการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน

ตัวบ่งชี้ที่ 1 การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการพัฒนาสูงสุด เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละตัวบ่งชี้ เนื่องจาก ในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ครูจะมีการใช้คำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนได้อธิบายเหตุผลของคำตอบอยู่เสมอ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐกร ดวงพระเกษ (2018) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามเป็นการมุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของนักเรียน ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดเชิงเหตุผล ได้วิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือประเมินค่า เพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้น รวมถึงการให้นักเรียนได้มีการสร้าง ประเมิน และใช้แบบจำลองเข้ามาในการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนสามารถเกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาส กันทะวง (2020) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ฝึกหาคำสนับสนุนหรือข้อโต้แย้งในการนำไปปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ช่วยให้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 4 การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการพัฒนาน้อยที่สุด เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละตัวบ่งชี้ เนื่องจากว่านักเรียนยังมีความสับสนระหว่างการเสนอสมมติฐาน และการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง เมื่อมีการให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน หรือเขียนการพยากรณ์นักเรียนจะเขียนมาเหมือนกัน เมื่อทำการสอบถามพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะคิดว่าสองตัวบ่งชี้ไม่ต่างกันจึงสามารถใช้คำตอบเดียวกันได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จาตุรงค์ หนูนาค (2018) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่ยังไม่สามารถเสนอสมมติฐานได้ดีนั้น เกิดจากการที่นักเรียนยังไม่สามารถคาดเดาคำตอบล่วงหน้าได้อย่างถูกต้อง และนักเรียนยังขาดทักษะการตั้งสมมติฐาน จึงส่งผลต่อการพยากรณ์ของนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการนำวิจัยไปใช้ และประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะต่อการนำผลการวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ครูผู้สอนควรมีการใช้คำถามที่ช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายของนักเรียน และคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอในทุกกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า การใช้คำถามเป็นส่วนสำคัญที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพื่อหาแนวทางการพัฒนาตัวบ่งชี้ย่อยของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตัวบ่งชี้ที่ 3 การเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย และตัวบ่งชี้ที่ 4 การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล เนื่องจากผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันสามารถพัฒนาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้จริง แต่บางตัวบ่งชี้ยังมีการพัฒนาที่ไม่สูงมากนัก จึงเป็นที่น่าสนใจหากมีการศึกษาแนวทางการพัฒนาตัวบ่งชี้ นั้น ๆ ให้ดียิ่งขึ้นไป

บรรณานุกรม



- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัท ซัคเซสฟัลลิเคชั่น จำกัด.
- จาตุรนต์ หนุมนาค. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ที่มีต่อสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร
- จุฑามาศ กันทะวัง. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีพเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ฉลองวุฒิ จันทร์หอม. (2563). การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21, 644-654. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). Model-based learning. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29(3), 86-99.
- ชนัดดา พุนเดช และธนิศา เลิศพรกุลรัตน์. (2559). แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชัน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18(3), 331 -339.
- ณัฐกร ดวงพระเกษ. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามตามแนวทางการคิดในระดับสูงของบลูม. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 8(3). 130-138.
- ณัฐธิดา พรหมยอด. (2562). การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 47(219), 11- 15.
- ณัฐพล กวดไทย. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นันทวัน นันทวนิช. (2557). การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, 42 (186), 40-43.
- นครินทร์ สุกใส. (2561). ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่มีต่อความสามารถในการประยุกต์ ความรู้ทางคอมพิวเตอร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบญจกัท จงหมื่นไวย์ และคณะ. (2562). เกมมิฟิเคชันเพื่อการเรียนรู้. วารสารโครงการงานวิทยาการ

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 4(2), 34-43.

- พรรณวิไล ชมจิต. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *วารสารมุมวิทยาศาสตร์ วิทย์ คณิต*, 38(163), 33-34.
- พุทธริชฌ บุรณสถิตวงศ์, สุรีย์พร สว่างเมฆ และปราณี นางงาม. (2562). การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการใช้สื่อโฆษณา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21(2), 212-224.
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติ ของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 1(1), 97-124.
- ราตรี ยะคำ. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และผลิตภัณฑ์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- รังสิณี พูลเพิ่ม และคณะ. (2561). ประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยใช้คำถามเป็นฐานของนักเรียนพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก. *วารสารพยาบาลทหารบก*, 19(3), 126-136.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560). จุดอ่อนในระบบการศึกษาไทย. *FOCUS ประเด็น PISA*, 19, 1-4.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.
- สันติชัย อนุวรชัย. (2561). การพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ดาราศาสตร์ผ่านกลยุทธ์การเสริมศักยภาพด้วยผังมโนทัศน์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 12(2), 279-291
- Bourke, B. (2021). *Using Gamification to Engage Higher-Order Thinking Skills*. Retrieved July 31, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/348152928_Using_Gamification_to_Engage_Higher-Order_Thinking_Skills
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. (2021). Gamification in Science Education. *A Systematic Review of the Literature*. *MDPI Archives*, 11(1), 21-23
- KAPP, K. M. (2012). *Managing the Gamification Design Process*. In R. Taff (Ed.), *The Gamification of Learning and Instruction Game-Based Methods and Strategies for Training and Education* (pp. 193-217). San Francisco: Wiley.
- Kiryakova, G., Angelova, N., & Yordanova. L. (2014). *GAMIFICATION IN EDUCATION*. Trakia University, Faculty of Economics. Retrieved from https://www.-academia.edu/34773510/GAMIFICATION_IN_EDUCATION.
- Mishra, I. (2019). Gamification as a Self-Direct Approach to Attain Instruction Concepts in Indian School System. *Open Journal of Social Sciences*, 7, 227-232.
- Nah, F.F., Zeng, Q., Telaprolu, V.R., Ayyappa, A.P., & Eschenbrenner, B. (2014). Gamification of Education: A Review of Literature. In F.F.-H. Nah (Ed.), *International Conference on HCI in Business 2014* (pp. 401-409). Switzerland: Springer International.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. นางกัญปณิต จันทธีระกุล ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนหนองตูมวิทยาคม
3. นางสาววาเลน สวัสดิ์ ครูวิทยฐานะชำนาญการ
โรงเรียนตลิ่งชันวิทยานุสรณ์



ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ
เกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

แผนที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง : ผู้ประเมินทำการศึกษา และพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ตามหัวข้อรายการการประเมิน จากนั้นให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง
ระดับความเหมาะสม ตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งเกณฑ์การประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
1. สารการเรียนรู้					
1.1 สารการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 สารการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม					
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียน ด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน					
2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียน ด้านทักษะกระบวนการได้อย่างชัดเจน					
2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียน ด้านคุณลักษณะได้อย่างชัดเจน					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
2.5 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียน ด้านสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ					
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม					
3. กิจกรรมการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้					
3.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน					
3.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้สถานการณ์ที่สอดคล้อง กับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน					
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์					
3.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชันสามารถสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของ นักเรียน					
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชันเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติ กิจกรรม					
3.8 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม					
4. สื่อการจัดการเรียนรู้					
4.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้					
4.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน					
4.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม					
5. การวัดและประเมินผล					
5.1 วิธีการวัด และประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2 วิธีการวัด และประเมินผลสอดคล้องกับนิยามของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์					
5.3 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.4 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
5.5 เกณฑ์การประเมินของเครื่องมือที่ใช้วัด และ ประเมินผลผลมีความชัดเจนและเหมาะสม					
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่.....

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 24 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็น
ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องโมเมนตัมและการชน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง
โมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
1. สารการเรียนรู้						
1.1 สารการเรียนรู้สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	มาก ที่สุด
1.2 สารการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.47	มาก ที่สุด
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.5 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้						

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	4	5	4	4.33	0.47	มาก
3.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้ สถานการณ์ที่สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวัน	4	5	4	4.33	0.47	มาก
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน สามารถส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	4	4.33	0.47	มาก
3.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สามารถสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของ นักเรียน	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือ ปฏิบัติกิจกรรม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.8 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	4	5	3	4.00	0.82	มาก
4. สื่อการจัดการเรียนรู้						

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
4.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
4.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.47	มาก
4.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
4.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน	3	4	4	3.67	0.47	มาก
5. การวัดและประเมินผล						
5.1 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.2 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับนิยามของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.3 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.4 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.5 เกณฑ์การประเมินของเครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลผลมีความชัดเจนและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด

ตาราง 25 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็น
ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องโมเมนตัมและการชน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง
การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
1. สารระการการเรียนรู้						
1.1 สารระการการเรียนรู้สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0	มาก ที่สุด
1.2 สารระการการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0	มาก ที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	3	4	5	4.00	0.82	มาก
2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน	4	5	5	4.67	0.47	มาก ที่สุด
2.5 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้						
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ สารระการการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มาก ที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้ สถานการณ์ที่สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวัน	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน สามารถส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สามารถสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของ นักเรียน	4	4	5	4.33	0.47	มาก
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือ ปฏิบัติกิจกรรม	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
3.8 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	3	5	5	4.33	0.94	มาก
4. สื่อการจัดการเรียนรู้						
4.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความ เหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
4.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5. การวัดและประเมินผล						
5.1 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.2 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับนิยามของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.3 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.4 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด
5.5 เกณฑ์การประเมินของเครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.47	มากที่สุด

ตาราง 26 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็น
ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องโมเมนตัมและการชน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง
การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
1. สารระการการเรียนรู้						
1.1 สารระการการเรียนรู้สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0	มาก ที่สุด
1.2 สารระการการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0	มาก ที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	4	5	5	4.67	0.58	มาก ที่สุด
2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
2.5 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ	5	5	5	5.00	0.00	มาก ที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้						
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ สารระการการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มาก ที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้ สถานการณ์ที่สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวัน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เกมมิฟิเคชัน สามารถส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สามารถสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของ นักเรียน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือ ปฏิบัติกิจกรรม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.8 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน	3	5	5	4.33	1.15	มาก
4. สื่อการจัดการเรียนรู้						
4.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความ เหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			\bar{X}	S.D.	แปลผล
	1	2	3			
4.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียน	3	5	4	4.00	1.00	มาก
5. การวัดและประเมินผล						
5.1 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 วิธีการวัด และประเมินผล สอดคล้องกับนิยามของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความเหมาะสมต่อการวัด และประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 เกณฑ์การประเมินของเครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบาย
ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง
วิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบสมรรถนะ
(สำหรับผู้ใช้เยาวชน)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความ
สอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัด
สมรรถนะของการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ
เกมมิฟิเคชัน เรื่อง โมเมนตัม และการชน

2. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง
วิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบาย
ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ แบ่งตามระดับดัชนีความสอดคล้อง
(IOC) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง ดังนี้

- + 1 แทน มีความเห็นด้วยว่าสอดคล้องสัมพันธ์
- 0 แทน ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องสัมพันธ์
- 1 แทน มีความเห็นด้วยว่าไม่สอดคล้องสัมพันธ์

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมกรุณาเขียนลงใน
ช่องว่างที่กำหนด

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์
ในเชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบการวัดสมรรถนะ

รายการประเมิน		คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	คำถามข้อที่	+1	
1. นำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้าง คำอธิบายที่สมเหตุสมผล	1				
	2				
	4				
	5				
	6				
2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการ อธิบาย	7				
	9				
3. เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการ อธิบาย	8				

รายการประเมิน		คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	คำถามข้อที่				
	11				
4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล	3				
	10				
	12				
5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม	13				
	14				

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่.....

ภาคผนวก จ ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ใน
เชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ

ตาราง 27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ใน
เชิงวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการการประเมิน		คะแนนของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	แบบทดสอบวัด สมรรถนะ คำถามข้อที่	1	2	3		
1. นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	4	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	5	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	6	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
2. ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและ การนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการ อธิบาย	7	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	9	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการ อธิบาย	8	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	11	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิง วิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่ สมเหตุสมผล	3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
	10	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	12	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5. อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อ สังคม	13	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	14	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 3 แผน
2. ใบกิจกรรม
3. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกต
4. แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30202 ฟิสิกส์ 2	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โมเมนตัมและการชน	จำนวน 12 ชั่วโมง
เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ	จำนวน 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

2. สาระสำคัญ

การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ เกิดการการที่มีการระเบิดออกมาจากพลังงานภายในระบบ โดยที่โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวแต่พลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น เช่น การการเคลื่อนที่ของลูกโป่งขณะปล่อยอากาศออก การเคลื่อนที่ของหมึก เป็นต้น สำหรับการชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ และการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ จะหมายถึงการที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ก่อนและหลังอยู่ระนาบเดียวกัน

3. สาระการเรียนรู้

- การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุ

4.2 ด้านทักษะกระบวนการ

1. นักเรียนสามารถนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และพลังงานจลน์มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุ

4.3 ด้านสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฟักต้อยติ่ง
2. นักเรียนสามารถวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ ตามหลักการการติดตัวของวัตถุ
3. นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานขนาดโมเมนตัม และปริมาณของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากการการแตกของฟักต้อยติ่ง

4. นักเรียนสามารถพยากรณ์รูปแบบการติดตัวของฝักต้อยติ่ง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องการติดตัวของวัตถุ

5. นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่องการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องมือที่มีหลักการการทำงานเหมือนการแตกของฝักต้อยติ่ง เพื่อใช้ในการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่มีอัตราการขยายพันธุ์น้อย

4.4 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

5 กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (30 นาที)

1) ครูอธิบายถึงกิจกรรมที่จะทำในคาบนี้ว่า การเรียนในครั้งนี้ จะใช้รูปแบบเหมือนกับคาบก่อนหน้านี้นี้ คือ จะมีการใช้ “กระดานผู้นำ” การมีเพิ่ม “ระดับ” ของตนเอง มีการให้รางวัลพิเศษ และบทลงโทษในการทำกิจกรรม ซึ่งนักเรียนจะต้องพยายามผ่านกิจกรรมนั้นให้ได้ ในแต่ละครั้งที่กิจกรรมจบลงนักเรียนจะได้เห็นระดับ และความก้าวหน้าที่กระดานผู้นำของตนเองเสมอ

2) ครูเริ่มต้นด้วยการกิจกรรมถาม-ตอบก่อนการเรียนรู้ โดยในกิจกรรมนี้จะเป็นกิจกรรมแรก ที่นักเรียนจะสามารถเริ่มต้นเพิ่มระดับ และความก้าวหน้าในกระดานผู้นำของตนเอง โดยการเพิ่มระดับและความก้าวหน้าในกระดานผู้นำจะให้เฉพาะนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละคำถามของครูเป็นคนแรก คำถามของครูมีดังนี้

- จากคาบเรียนก่อนหน้านี้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง (กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และการชนในหนึ่งมิติ)
- การชนในหนึ่งมิติมีลักษณะอย่างไร เกี่ยวข้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมอย่างไร (การชนในหนึ่งมิติเป็นการชนที่เกิดขึ้นเมื่อการเคลื่อนที่ก่อนชนและหลังชนของวัตถุอยู่ในระนาบเดียวกันทุก ๆ การชนถ้าไม่มีการคิดแรงลัพธ์อื่น ๆ ภายนอกมากระทำ สภาพของการชนจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์อนุรักษ์โมเมนตัมเสมอ)

3) ครูให้ขอตัวแทนนักเรียนออกมาหน้าห้องหนึ่งคนเพื่อทำการทดลองการเคลื่อนที่ของลูกโป่ง โดยนักเรียนคนอื่น ๆ ที่อยู่ในห้องต้องคอยสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกโป่งแล้ววิเคราะห์ว่ามีปริมาณใดบ้างที่มีความเกี่ยวข้อง

4) ตัวแทนนักเรียนทำการจับปากลูกโป่งลูกที่ 1 ที่ถูกเป่าเพื่อไม่ให้ลมออก จากนั้นยืนแขนที่มีลูกโป่งออกมา

- กลางอากาศ แล้วทำการปล่อยปากลูกโป่ง ตัวแทนนักเรียนทำการทดลองอีกครั้งแต่เปลี่ยนลูกโป่งเป็นลูกที่ 2 ที่มีขนาดใหญ่กว่าลูกแรก เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้น ครูใช้คำถามกับนักเรียนว่า

- การเคลื่อนที่ของลูกโป่งมีลักษณะอย่างไร (ลูกโป่งถูกดีดตัวขึ้นไป แล้วก็ตกลงมา)
- นักเรียนคิดว่าอะไรคือปริมาณใดบ้างที่ส่งผลต่อการดีดตัวของลูกโป่งบ้าง (ปริมาณของโมเมนตัม และพลังงานจลน์)
- นักเรียนคิดว่าโมเมนตัม และพลังงานจลน์ของลูกโป่งในการทดลองนี้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ (ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน)

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง (30 นาที)

1) ครูอธิบายถึงกิจกรรมที่ถัดมา ในกิจกรรมนี้จะมีการใช้ใบกิจกรรมที่ 5 การดีดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ โดยใบกิจกรรม จะแบ่งออกเป็น 4 กิจกรรมย่อย ได้แก่กิจกรรมที่ 5.1 ภาพการดีดตัว ,5.2 การทดลองสปริงดีดตัว ,5.3 การสืบค้นข้อมูล และ 5.4 การเปลี่ยนภาพ สำหรับกิจกรรมในครั้งนี้จะเป็นกิจกรรมที่ 5.1 ให้นักเรียนแต่ละคนวาดภาพลักษณะดีดตัวของลูกโป่ง และเขียนสัญลักษณ์หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง พร้อมกับเขียนสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกิดขึ้น เพื่ออธิบายว่าในการดีดตัวของลูกโป่งนักเรียนคิดว่าปริมาณใดบ้างที่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลง ตามความเข้าใจของตนเอง โดยให้วาดลงในช่องว่างที่ 1 ครูให้เวลาในการทำกิจกรรม 20 นาที

2) เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมที่ 5.1 เสร็จสิ้นแล้ว ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอภาพวาดและสมการตามความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปริมาณที่เกิดขึ้นของตนเอง เมื่อนำเสนอเสร็จจะมีการอภิปรายถึงข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอร่วมกันในชั้นเรียน โดยมีกรอบข้อคำถามในการอภิปรายหลัก ๆ ได้แก่ เพราะเหตุใด นักเรียนถึงคิดเช่นนั้น นักเรียนนำทฤษฎีหรือความรู้เรื่องใดมาสนับสนุนความคิดของตนเอง มีเพื่อน ๆ คนไหนที่มีความคิดเห็นที่แตกต่างออกไป เพราะอะไรจึงคิดเช่นนั้น

3) ครูและนักเรียน ร่วมกันสรุปถึงข้อมูลที่ได้จากการวาดภาพ ว่า การดีดตัวของลูกโป่งเป็นการดีดตัวด้วยตัวของลูกโป่งกับลมภายในลูกโป่งโดยที่ทิศทางของลูกโป่งจะเคลื่อนที่ส่วนทางกับลมที่ออกมา ปริมาณที่เกิดขึ้น จะมี มวล ความเร็วก่อนและหลังการดีดตัว

4) นักเรียนที่ทำกิจกรรมที่ 5.1 เสร็จสิ้นตามกำหนด จะได้รับความคืบหน้าในแถบกระดานผู้นำ และมีการเพิ่มระดับของตนเองสำหรับนักเรียนที่ทำผลงานออกมาได้คะแนนสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนในกิจกรรมนี้

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจ และตรวจสอบเชิงประจักษ์ (60 นาที)

1) ครูอธิบายถึงกิจกรรมที่ถัดมา คือ กิจกรรมที่ 5.2 ในกิจกรรมนี้นักเรียนแต่ละคนจะได้ทำศึกษาผลการทดลองเกี่ยวกับการติดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง โดยให้นักเรียนแต่ละคนรับชมคลิปวิดีโอการทดลองพร้อมกันทั้งห้อง จากนั้น ศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการวัดปริมาณต่าง ๆ ดังตารางที่แสดงในใบกิจกรรม

2) ให้นักเรียนแต่ละคนนำค่าปริมาณต่าง ๆ ที่อยู่ในตารางผลการทดลองมาคำนวณหาผลรวมของโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการติดตัว เมื่อคำนวณเสร็จแล้วให้ทำคำตอบคำถามท้ายกิจกรรม พร้อมกับสรุปองค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับ ครูให้เวลาในการทำกิจกรรมที่ 5.2 ประมาณ 30 นาที

3) ครูและนักเรียนช่วยกันเฉลยคำตอบของคำถามท้ายกิจกรรม เพื่อให้คะแนน นักเรียนคนไหนมีคะแนนรวมไม่ถึง ร้อยละ 50 ของคะแนนทั้งหมด จะไม่ได้รับการเพิ่มระดับของตนเอง แต่จะถูกลดความก้าวหน้าในแถบกระดานผู้นำ

4) หลังการทำกิจกรรมเสร็จสิ้นครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่ได้จากการทำกิจกรรม คำถามมีดังนี้

- ผลรวมที่เกิดขึ้นของโมเมนตัมก่อน และหลังการติดตัวเป็นอย่างไร (ผลรวมของโมเมนตัมก่อน และหลังการติดตัวมีปริมาณเท่ากัน)
- ผลรวมที่เกิดขึ้นของพลังงานจลน์ก่อน และหลังการติดตัวเป็นอย่างไร (ผลรวมของพลังงานก่อนชน และหลังชนมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน)
- ในเหตุการณ์การติดตัวนี้ นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง (การติดตัวของวัตถุปริมาณผลรวมของโมเมนตัมจะเท่ากัน แต่พลังงานจลน์จะไม่เท่ากันในก่อนและหลังการติดตัวเหมือนกับการชนแบบไม่ยืดหยุ่นที่มีผลรวมของพลังงานจลน์เปลี่ยนแปลง)

5) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสรุปเป็นองค์ความรู้ว่า การติดตัวของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ก่อน และหลังอยู่ในแนวระนาบเดียวกันเราเรียกว่า การชนแบบหนึ่งมิติ ซึ่งการชนแบบนี้โมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว แต่พลังงานจลน์ภายในระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (20 นาที)

1) นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในกิจกรรมที่ 5.2 มาสร้างเป็นรูปภาพเพื่อใช้อธิบายการติดตัวของวัตถุในแนวตรงลงในกิจกรรมที่ 5.1 ช่องว่างที่ 2 รูปภาพนั้นต้องประกอบด้วยสัญลักษณ์แสดงทิศทาง และสัญลักษณ์แสดงปริมาณที่เกี่ยวข้อง จากนั้นให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบข้อมูลของภาพวาดทั้ง 2 ฝั่ง ว่ามีลักษณะหรือข้อมูลที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2) นักเรียนทำการเขียนผลการเปรียบเทียบข้อมูลของตนเอง ลงในคำถามท้ายภาพ ในกิจกรรมที่ 5.1

3) ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสืบค้น กับความเข้าใจเดิมของนักเรียน ดังนี้

- จากภาพวาดในช่องที่ 1 และช่องที่ 2 ของนักเรียนมีความเหมือน และความแตกต่างกันที่ส่วนใดบ้าง อย่างไร (นักเรียนตอบตามความเข้าใจ)

4) ครูเพิ่มระดับความก้าวหน้าในกระดานผู้นำ ในแก่นักเรียนที่สามารถอธิบายสิ่งที่จากการเปรียบเทียบภาพวาดของตนเองได้อย่างสมเหตุสมผล ส่วนนักเรียนที่ไม่สามารถอธิบายข้อเปรียบเทียบได้อย่างสมเหตุสมผล จะถูกลดระดับความก้าวหน้าในกระดานผู้นำ

ขั้นที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (20 นาที)

1) นักเรียนทำการศึกษาข้อมูล รูปแบบการเคลื่อนที่ของหมึก และจรวดจากแหล่งข้อมูลที่นักเรียนเลือกใช้นั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนอธิบายลงในตาราง และวาดภาพลักษณะการเขียนที่ โดยจะต้องมีการเขียนสัญลักษณ์แสดงทิศทาง และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของสิ่ง ๆ นั้น

2) ให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มา ว่าในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ของสิ่งที่กำหนด เหมือนหรือแตกต่างไปจากการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เราได้ศึกษากันกิจกรรมที่ 3.2 หรือไม่อย่างไร ให้นักเรียนเขียนผลจากการเปรียบเทียบลงในกิจกรรม

3) เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จสิ้นแล้ว ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบถึงผลการเปรียบเทียบข้อมูลของนักเรียน ว่า

- ลักษณะการเคลื่อนที่ของหมึก จรวด มีความเหมือนหรือแตกต่างไปจากการเคลื่อนที่ของรถตามการทดลองหรือไม่อย่างไร (มีส่วนที่เหมือนคือต่างเป็นการเคลื่อนที่แบบการติดตัว คือมีการกักเก็บพลังงานศักย์ไว้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์เมื่อมีการติดตัว โดยที่โมเมนตัมรวมของระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

- นอกจากสิ่งที่ครูให้ไปศึกษา นักเรียนคิดว่ายังมีวิธีการเคลื่อนที่ใดที่สามารถใช้หลักการเกี่ยวกับการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติได้อีก (การกระโดด การพุ่งของขวดน้ำเมื่อมีแก๊สบรรจุภายใน ฯลฯ)

4) จากการเปรียบเทียบข้อมูล นักเรียนได้ข้อมูลอะไรมาบ้าง (ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน)

5) ครูเพิ่มระดับความหนาในกระดานผู้นำให้นักเรียนที่ทำภารกิจในกิจกรรมนี้เสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (30 นาที)

1) นักเรียนทำการแก้ไข ปรับเปลี่ยนแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย โดยภาพนั้นจะต้องสามารถนำไปใช้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติได้ พร้อมกับเขียนสมการความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องสามารถระบุคำอธิบายหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสนับสนุนแบบจำลองขั้นนี้ ลงในกิจกรรมที่ 5.4

2) นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมนี้สำเร็จจะได้รับการระดับความคืบหน้าในกระดานผู้นำ

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 7 ใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ (50 นาที)

1) ครูทำการสรุปผลลำดับของนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากระดับความก้าวหน้าบนกระดานผู้นำที่นักเรียนได้สะสมไว้ตั้งแต่กิจกรรมขั้นที่ 1 ถึง 6 โดยจัดนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าสูงสุด 4 ลำดับแรกเป็นนักเรียนกลุ่ม A นักเรียนที่มีคะแนนน้อยลงมาอีก 4 ลำดับจัดเป็นนักเรียนกลุ่ม B C และ D ตามลำดับ

2) ครูอธิบายกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะต้องทำการเลือกแบบจำลองที่สามารถใช้ในการอธิบายการติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติที่ดีที่สุดออกมา 1 แบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมที่ 6 การระเบิดของฝัก

3) จากนั้นครูอธิบายรายละเอียดของใบกิจกรรมที่ 6 ว่านักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับสถานการณ์ เรื่อง การระเบิดของฝัก ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอ่านและวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ได้รับ จากนั้นระดมความคิดเห็นเพื่อช่วยกันตอบคำถามจากข้อคำถามที่ครูกำหนด โดยอาศัยการศึกษาจากแบบจำลองที่นักเรียนได้เลือก โดยให้นักเรียนทำการเขียนแบบวาดภาพลงในกระดาษรูปที่ครูแจกให้ ตามรูปแบบดังนี้

ใบกิจกรรมที่.....	
วาดภาพแบบจำลองที่นักเรียนเลือกไว้	วาดภาพแบบจำลองของสถานการณ์โดยตาม รูปแบบของแบบจำลองที่เลือกไว้
การตอบคำถาม	

กลุ่มไหนสามารถทำภารกิจสำเร็จก่อนเป็นกลุ่มแรก และได้รับคะแนนสูงสุดจะได้รับ “มงกุฎผู้ชนะ”

4) ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเอง เพื่อนในห้องเรียนร่วมกันอภิปราย คำตอบว่าคำตอบของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือต่างกันอย่างไร เมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จเพื่อกลุ่มอื่น จะต้องทำการให้คะแนน

5) ครูประกาศผลคะแนนของแต่ละกลุ่ม และสรุปผลผู้ชนะในการทำกิจกรรมครั้งนี้

6 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (สสวท)

6.2 ใบกิจกรรมที่ 5 การชนและการติดตัวของวัตถุ

6.3 ใบกิจกรรมที่ 6 การแตกของต๋อยตึ่ง

6.4 อุปกรณ์การทำงานกลุ่ม ได้แก่ กระดาษบู้ฟ และปากกาเมจิก

6.5 คลิปวิดีโอการทดลองเรื่อง การติดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง จาก สสวท.

<https://www.youtube.com/watch?v=yKxDbUxwFS0>

7 การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
นักเรียนสามารถ อธิบายลักษณะการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุ	ตรวจใบกิจกรรมที่ 5 ในกิจกรรมที่ 5.2	แบบประเมินความถูกต้องของคำตอบ	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
นักเรียนสามารถนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและพลังงานจลน์มาใช้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 5 ในกิจกรรมที่ 5.2	แบบประเมินทักษะการคำนวณ	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ในการคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุ			
นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฝักถั่วตั้ง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 6	แบบประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
นักเรียนสามารถระบุใช้ และวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการการติดตัวของวัตถุ	ตรวจใบกิจกรรมที่ 6	แบบประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานขนาดโมเมนตัม และปริมาณของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากการแตกของฝักถั่วตั้ง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 6	แบบประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
นักเรียนสามารถพยากรณ์รูปแบบการแตกของฝักถั่วตั้งโดยอาศัยหลักการทาง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 6	แบบประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
วิทยาศาสตร์เรื่อง การติดตัวของวัตถุ			
นักเรียนสามารถนำ ความรู้ เรื่องการติดตัว ของวัตถุในหนึ่งมิติ มา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบเครื่องมือที่มี หลักการทางานเหมือน การแตกของฝักต้อยติ่ง เพื่อใช้ในการกระจาย ตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่มี อัตราการขยายพันธ์ น้อย	ตรวจใบกิจกรรมที่ 6	แบบประเมินสมรรถนะ การอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ผ่าน เกณฑ์
นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่ เรียน	การสังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับ 3 ขึ้นไปถือว่า ผ่าน
นักเรียนมีความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับ มอบหมาย	การสังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับ 3 ขึ้นไปถือว่า ผ่าน

ใบกิจกรรมที่ 5 การชนและการติดตัวของวัตถุ

กิจกรรมที่ 5.1 ภาพการติดตัว

คำชี้แจง: 1. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะการติดตัวของลูกโป่ง โดยเขียนทิศทางของการเคลื่อนที่ และเขียนสัญลักษณ์ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการติดตัว พร้อมเขียนสมการที่เกี่ยวข้องตามความเข้าใจของเรียนลงในช่องว่างที่ 1

2. ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวาดภาพลักษณะการติดตัวของรถสองคัน โดยเขียนทิศทางของการเคลื่อนที่ และเขียนสัญลักษณ์ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการติดตัว พร้อมเขียนสมการที่เกี่ยวข้องช่องว่างที่ 2

ช่องว่างที่ 1	ช่องว่างที่ 2
	

สิ่งที่ได้จากการเปรียบเทียบ

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 5.2 ปฏิบัติการการชน

คำชี้แจง : ตอนที่ 1 ให้นักเรียนทำการศึกษากการทดลอง เรื่อง การติดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง จากนั้นวาดภาพผลที่เกิดขึ้น ก่อน และหลังการติดตัว ตรวจสอบผลของปริมาตรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อนไปใช้คำนวณหาผลรวมของโมเมนตัมก่อน-หลังการติดตัว ทำการบันทึกผลลงในตารางข้อมูลลงพร้อมกับสรุปผลการทดลอง

จากสถานการณ์การทดลอง ให้นักเรียนเขียนสมมติฐานเพื่ออธิบายสิ่งที่จะเกิดขึ้นการการทดลอง

ภาพวาดก่อนการติดตัว	ภาพวาดหลังการติดตัว

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	ก่อนการชน							หลังการชน						
	รถคันที่	m (kg)	u (m/s)	mu (kg m/s)	$\frac{1}{2}mu^2$ (J)	$\sum mu$ (kg m/s)	$\sum \frac{1}{2}mv^2$ (J)	รถคันที่	m (kg)	u (m/s)	mu (kg m/s)	$\frac{1}{2}mv^2$ (J)	$\sum mu$ (kg m/s)	$\sum \frac{1}{2}mv^2$ (J)
1	1	0.50	0	0	0	0	0	1	0.50	+0.59	+0.295	0.04	0	0.080
	2	0.50	0	0	0			2	0.50	-0.59	-0.295	0.40		

การคำนวณเพื่อหาผลรวมของโมเมนตัม และพลังงานจลน์ ก่อน-หลังการติดตัว

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ตอนที่ 2 ให้นักเรียนวิเคราะห์ผลจากการทำการทดลอง และสืบค้นข้อมูลจากในหนังสือ เพื่อนำความรู้มาตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง

1. ก่อนติดตัวแยกจากกันในแต่ละกรณี รถทดลองทั้งสองมีผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์เท่าใด

.....

.....

.....

2. รถทดลองทั้งสองเคลื่อนที่อย่างไร หลังติดตัวแยกจากกันในแต่ละกรณี

.....

.....

.....

3. หลังติดตัวแยกจากกันในแต่ละกรณี ขนาดและทิศทางโมเมนตัมของรถทดลองทั้งสองเป็นอย่างไรและผลรวมของโมเมนตัมของรถทดลองทั้งสองมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

4. ผลรวมของพลังงานจลน์หลังติดตัวแยกจากกันในแต่ละครั้งเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

5. การติดตัวของรถทดลองที่เกิดขึ้นจากการทดลองจัดเป็นการติดตัวในรูปแบบหนึ่งมิติ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

6. ความแตกต่างระหว่างการติดตัวในหนึ่งมิติ กับการชนในหนึ่งมิติมีความเหมือนและความแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....



กิจกรรมที่ 5.3 ต่างหรือเหมือน

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนทำการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของหมึก และการเคลื่อนที่ของจรวด พร้อมกับวาดภาพทิศทางการรวมถึงปริมาณที่เกิดขึ้น พร้อมคำอธิบาย

หัวข้อที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของหมึก	ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของจรวด	การเคลื่อนที่ในการทดลองกิจกรรมที่ 5.2
ลักษณะการเคลื่อนที่			
ภาพวาดลักษณะการเคลื่อนที่			

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบ

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลง

คำชี้แจง : นำผลการศึกษาข้อมูลในกิจกรรมที่ 5.2 และ 5.3 มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลนั้น
กับภาพวาดในกิจกรรมที่ 5.1 ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร

เหตุผลในการปรับแก้/ข้อมูลที่แก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพวาดที่ทำการปรับแก้

ใบกิจกรรมที่ 6 การระเบิดของฝัก

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

สถานการณ์ : มีเด็กกลุ่มหนึ่งได้นำฝักของดอกต้อยติงมาแช่น้ำ จากนั้นฝักก็เกิดการแตกตัวมีเสียงดังเหมือนเกิดการระเบิดขึ้น เมล็ดภายในกระจายตัวออกมาทันที เด็กกลุ่มนี้จึงเกิดความสงสัยว่าเพราะเหตุใด ฝักต้อยติงนี้จึงมีการแตกตัวเมื่อเจอกับน้ำ พวกเด็ก ๆ จึงได้ทำการศึกษาต่อจนพบว่า ฝักต้อยติงเมื่อเริ่มมีอายุมากขึ้นจะมีการสะสมแรงดันอยู่ภายในฝัก ซึ่งโดยปกติแล้วเปลือกหุ้มของฝักจะมีเยื่อบางชนิดเชื่อให้มันติดกัน แต่เมื่อเรานำไปแช่น้ำเยื่อนั้นเกิดการแยกออกจากกันทำให้เกิดการระเบิดของฝักต้อยติง



- 1.) จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่า การติดตัวของฝักต้อยติง โมเมนต์รวมของฝักเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

2.) จากการติดตัวของฝักต้อยติ่ง พลังงานที่อยู่ในฝักจัดเป็นพลังงานในรูปแบบใด แล้วเพราะเหตุ
จึงสามารถทำให้เมล็ดภายในถูกติดตัวออกมาได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.) นักเรียนคิดว่าถ้าการแตกของฝักต้อยติ่งสามารถเกิดกับฝักที่มีอายุน้อยได้หรือไม่ เพราะเหตุ
ใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.) นักเรียนคิดว่าจากความรู้เรื่องการติดตัวของวัตถุ และรูปแบบการติดตัวของต้อยสามารถ
นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องมือที่ช่วยในการการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ของพืชอื่น ๆ
ได้อย่างไรบ้าง (วาดภาพพร้อมกับเขียนอธิบายตามการการติดตัวของวัตถุ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความถูกต้องของคำตอบ

กิจกรรมที่ 5.2 ตอนที่ 2

ระดับ คะแนน	รายละเอียดการให้คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
3	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติของวัตถุได้ถูกต้องทั้งหมด - นักเรียนสามารถอธิบายความเหมือนและความแตกต่าง ของการชนและการติดตัวได้ถูกต้องตามแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์เรื่อง การชนและการติดตัวในหนึ่งมิติ 	<p>ได้คะแนนคะแนน ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม ผ่านเกณฑ์การ ประเมิน</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติของวัตถุได้ถูกต้องทั้งหมด - นักเรียนสามารถอธิบายความเหมือนและความแตกต่าง ของการชนและการติดตัวได้ถูกต้องบางส่วนตามแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การชนและการติดตัวในหนึ่งมิติ 	
1	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติของวัตถุ หรือสามารถอธิบายความเหมือนและ ความแตกต่างของการชนและการติดตัวได้ถูกต้อง บางส่วนตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การชนและ การติดตัวในหนึ่งมิติ 	
0	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนไม่สามารถอธิบายลักษณะการติดตัวแยกจาก กันในหนึ่งมิติของวัตถุ หรือสามารถอธิบายความเหมือน และความแตกต่างของการชนและการติดตัวได้ตาม แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การชนและการติดตัวใน หนึ่งมิติ 	

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนทักษะการคำนวณ

ระดับ คะแนน	รายละเอียดการให้คะแนน	เกณฑ์การ ประเมิน
3	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ ได้ถูกต้องทั้งหมด - นักเรียนสามารถแทนค่าของตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด - นักเรียนสามารถคำนวณเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้อง 	<p>ได้คะแนนคะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็มผ่านเกณฑ์การประเมิน</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ ได้ถูกต้องทั้งหมด - นักเรียนสามารถแทนค่าของตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด แต่คำตอบจากการคำนวณไม่ถูกต้อง 	
1	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ ได้ถูกต้องทั้งหมด แต่นักเรียน แทนค่าของตัวแปรและหาคำตอบจากการคำนวณไม่ถูกต้อง 	
0	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนไม่สามารถเขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบได้ 	

แบบประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

คำชี้แจง : ให้ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรมที่ 6 ประเมินเพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม ที่	ระดับคะแนนตามตัวบ่งชี้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์					รวม คะแนน (15 คะแนน)	ผล การ ประ เมิน
	นำความรู้ วิทยาศาสตร์มา ใช้สร้าง คำอธิบายที่ สมเหตุสมผล (3 คะแนน)	ระบุ ใช้ และสร้าง แบบจำลองและ การนำเสนอ ข้อมูลเพื่อใช้ใ การอธิบาย (3 คะแนน)	เสนอสมมติฐาน เพื่อใช้ในการ อธิบาย (3 คะแนน)	พยากรณ์การ เปลี่ยนแปลงใน เชิงวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลที่ สมเหตุสมผล (3 คะแนน)	อธิบายถึง ศักยภาพของ ความรู้ วิทยาศาสตร์ที่ สามารถ นำไปใช้ เพื่อสังคม (3 คะแนน)		
1							
2							
3							
4							

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน	ระดับของสมรรถนะ	เกณฑ์ในการตัดสิน
13-15	ดีมาก	ได้คะแนนตั้งแต่ 10 ขึ้นไป หรือระดับ ดี ขึ้นไป ถือว่า ผ่านเกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
เรื่อง การติดตัวของวัตถุในหนึ่งมิติ

ตัวชี้วัดย่อย	รายละเอียดการให้คะแนน			
	3	2	1	0
นำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล	นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฝักด้วยตั้งได้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด	นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฝักด้วยตั้งได้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน	นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฝักด้วยตั้งได้ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดในเรื่องการติดตัว	นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติของวัตถุมาสร้างคำอธิบายลักษณะการแตกของฝักด้วยตั้งได้
ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและให้นำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย	นักเรียนสามารถวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการของการติดตัวของวัตถุ โดยมีการเขียนสัญลักษณ์แสดงทิศทาง	นักเรียนสามารถวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการติดตัวของวัตถุ โดยมีการเขียนสัญลักษณ์	นักเรียนสามารถวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการติดตัวของวัตถุ	นักเรียนไม่สามารถวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการกระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่ตามหลักการติดตัวของวัตถุ

ตัวชี้วัดย่อย	รายละเอียดการให้คะแนน		
	3	2	1
ตัวชี้วัดย่อย	0		
ตัวชี้วัดย่อย	รายละเอียดการให้คะแนน		
	3	2	1
และปริมาณได้ถูกต้องทั้งหมด	แสดงทิศทาง และปริมาณได้ถูกต้องบางส่วน	ถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่มีการคิดตัวของวัตถุประสงค์	0
เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย	นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานขนาดโมเมนต์และปริมาณของพลังงาน จลน์ที่เกิดขึ้นจากการแตกของไม้ก้อยตั้งได้ถูกต้องทั้งหมดตามแนวคิดการคิดตัวของวัตถุประสงค์	นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานขนาดโมเมนต์และปริมาณของพลังงาน จลน์ที่เกิดขึ้นจากการแตกของไม้ก้อยตั้งได้	นักเรียนไม่สามารถเสนอสมมติฐานขนาดโมเมนต์และปริมาณของพลังงาน จลน์ที่เกิดขึ้นจากการแตกของไม้ก้อยตั้งได้
พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล	นักเรียนสามารถพยากรณ์รูปแบบการแตกของไม้ก้อยตั้ง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การตีตัวของวัตถุได้ถูกต้อง	นักเรียนสามารถพยากรณ์รูปแบบการแตกของไม้ก้อยตั้ง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การตีตัวของวัตถุได้ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถพยากรณ์รูปแบบการแตกของไม้ก้อยตั้ง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์อื่น

ตัวชี้วัดย่อย	รายละเอียดการให้คะแนน		
	3	2	1
	ทั้งหมด	บางส่วน	การติดตัวของวัสดุ
	รายละเอียดการให้คะแนน		
อธิบายถึง ศักยภาพของ ความรู้ วิทยาศาสตร์ที่ สามารถนำไปใช้ เพื่อสังคม	3	2	1
	นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่องการติดตัวของวัสดุใน หนึ่งมิติ มาประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบ เครื่องมือที่มีหลักการทำงาน เหมือนการแตกของฝัก ตอยตึง เพื่อใช้ในการ กระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่มีอัตราขยายพันธุ์น้อย โดยเครื่องมือนี้สามารถนำมา โดยมีหลักการออกแบบตรง ตามความเป็นจริงสามารถ ต่อยอดได้	นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่องการติดตัวของวัสดุใน หนึ่งมิติ มาประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบ เครื่องมือที่มีหลักการทำงาน เหมือนการแตกของฝัก ตอยตึง เพื่อใช้ในการ กระจายตัวของเมล็ดต่าง ๆ ที่มีอัตราขยายพันธุ์น้อย แต่มีการใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์อื่นที่ไม่ใช่เรื่อง การติดตัวของวัสดุ	นักเรียนไม่สามารถนำ ความรู้ เรื่องการติดตัวของ วัสดุในหนึ่งมิติ มา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบเครื่องมือ เพื่อใช้ ในการกระจายตัวของ เมล็ดต่าง ๆ ที่มีอัตราการ ขยายพันธุ์น้อย

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม

ข้อ	รายละเอียดการให้คะแนน	คะแนน
ความรู้ ใฝ่เรียน	มีความกระตือรือร้น และตั้งใจในการเรียนดีมาก และสม่ำเสมอตลอดคาบเรียน	3
	มีความกระตือรือร้น และตั้งใจในการเรียนสม่ำเสมอเป็นบางครั้ง	2
	มีความกระตือรือร้นในการเรียน แต่ไม่สม่ำเสมอ	1
	ไม่มีความกระตือรือร้น และตั้งใจในการเรียน	0
ความ รับผิดชอบ ต่องานที่ ได้รับ มอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ดี มีความถูกต้อง ส่งงานแต่ละกิจกรรมตรงเวลาตามที่กำหนด	3
	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้อง ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด แต่ยังคงอยู่ในช่วงของคาบเรียน	2
	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องบางส่วน และส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด	1
	ไม่ทำงานที่ได้รับมอบหมาย	0

เกณฑ์การประเมินพฤติกรรม

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ	ผลการประเมิน
3	ดี	ผ่าน
2	พอใช้	ผ่าน
0-1	ปรับปรุง	ไม่ผ่าน

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

สังเกตครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....จำนวน.....

ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....ภาคเรียนที่.....ปีการศึกษา.....

ครูผู้สอน นางสาวนันทิตา มงคลศรี

ผู้สะท้อนผล ครูผู้ร่วมสังเกต ผู้วิจัย

คำชี้แจง

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ใช้สำหรับสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
2. ให้ผู้สังเกตทำการสังเกตกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น เพื่อทำการบันทึกข้อมูลจากการสังเกตลงในแบบสะท้อนผล ตามหัวข้อที่ได้กำหนด

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena)

นักเรียนในห้องเรียนศึกษาปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนจากนั้นร่วมกันอภิปรายแสดงความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสถานการณ์นั้นออกมา โดยมีการใช้ “เหรียญนักพูด” เป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของด้านนี้

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลอง (Construct a model)

นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นแบบจำลอง 2 มิติ ขึ้นแรกโดยอาศัยความรู้ที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยคะแนนของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจะเป็นเครื่องหมายแสดงความสำเร็จของด้านนี้

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และสามารถระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย ได้หรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 3 สํารวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model)

นักเรียนแต่ละคนศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์จากขั้นที่ 1 เพื่อรวบรวม และสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่ และนำมาใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน หรือความเข้าใจที่คิดไว้ก่อนหน้านี้ นักเรียนที่ไม่ปฏิบัติตามกิจกรรมจะถูกลดคะแนน และลดระดับบนกระดานผู้นำ

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model)

นักเรียนแต่ละคนทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ตนเองได้ศึกษามากับแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองกับปรากฏการณ์ ถ้าไม่สอดคล้องต้องทำการแก้ไข โดยจะต้องสามารถระบุสาเหตุ หรือหาคำอธิบายมาประกอบเหตุผลของการแก้ไข เพื่อเป็นกุญแจในการผ่านไปสู่อันถัดไป

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas)

นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีหรือกฎ อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เรียนอยู่ เพื่อทำการสรุปองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 6 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model)

นักเรียนทำการแก้ไข ปรับเปลี่ยนแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ โดยจะต้องสามารถระบุคำอธิบายหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสนับสนุนแบบจำลองขั้นนี้ได้ จึงจะมีคะแนนที่สามารถเป็นนำไปสู่ค่าถัดไป

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และสามารถระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 7 ขึ้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ (Use the model to predict or explain)

แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามการสุ่มจับสลาก จากนั้นให้นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองที่คิดว่าสมบูรณ์ที่สุดมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามที่กลุ่มตนเองได้รับ กลุ่มไหนสามารถทำภารกิจสำเร็จก่อนเป็นกลุ่มแรกจะได้รับ “มงกุฎผู้ชนะ”

1. ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล และอธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคมได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

.....

.....

.....

3. แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

4. ข้อสังเกตหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์**เรื่อง โม่เมนต์ และการชน**

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 30 นาที คะแนนเต็ม 14 คะแนน
2. แบบทดสอบมี 3 รูปแบบ ประกอบด้วย
 - 2.1 แบบเลือกตอบ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
 - 2.2 แบบเลือกตอบเชิงซ้อน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง มีมากกว่าหนึ่งคำตอบ
 - 2.3 แบบเขียนตอบอิสระ ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง



ทุ่งกังหันลมเขาค้อ



ทุ่งกังหันลม เขาค้อ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ จัดได้ว่าเป็นแหล่งการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม ซึ่งคาดว่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการของครัวเรือนประมาณ 36,000 ครัวเรือน ในภาคเหนือของประเทศไทยได้ ภายในบริเวณทุ่งกังหันลมจะมีต้นกังหันลมขนาดใหญ่จำนวน 24 ต้นเรียงรายกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ กังหันแต่ละต้นมีใบพัดหมุนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 เมตร สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต้นละ 2.5 เมกะวัตต์ โดยมีใบพัดติดตั้งอยู่ส่วนบนของท่อนเสาเหล็กที่มีศูนย์กลางความสูง 110 เมตร จากพื้น และได้รับการออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าในภูมิภาค ที่มีสภาพความเร็วลมต่ำถึงปานกลาง เช่นเดียวกับสภาพลมที่คาดไว้ที่เขาค้อ

1. จากข้อมูลเรื่องทุ่งกังหันลมเขาค้อ การหมุนของกังหันลมเกิดโมเมนตัมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อมูลเรื่องทุ่งกังหันลมเขาค้อ ให้นักเรียนเลือกคำตอบจากตัวเลือกต่อไปนี้ เพื่อเติมลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

ก. เกิดการเปลี่ยนแปลง	ข. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ค. มวล
ง. ความเร็วในการเคลื่อนที่		

เมื่อมีวัตถุหรือสิ่งของปลิวมาติดกับใบพัดของกังหัน ปริมาณโมเมนตัมของกังหันจะ..

(1).....ถ้าหากวัตถุหรือสิ่งของนั้นส่งผลต่อ..(2).....ของกังหันลม

3. จากข้อมูลเรื่องทุ่งกังหันลมเขาค้อ การเคลื่อนที่ของกังหันลมตามสภาพความจริงเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่มีการอนุรักษ์โมเมนตัม เพราะเหตุใด

- ก. เพราะ แรงลมในการทำให้กังหันหมุน ในแต่ละวันมีขนาด และทิศทางที่ต่างกันปริมาณโมเมนตัม ของกังหันเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- ข. เพราะ การหมุนของกังหันไม่ได้มีเพียงแค่แรงลมเพียงแรงเดียวมากระทำ จึงส่งผลให้การหมุนของกังหันมีแรงอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องของ จึงไม่สามารถเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- ค. เพราะ แรงลมที่ทำให้กังหันหมุน ไม่ได้มีเพียงแรงลมจางทิศทางเดียว จึงส่งผลให้การหมุนของกังหันมีแรงอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องของ จึงไม่สามารถเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
- ง. เพราะ การหมุนของกังหันมีเพียงแค่แรงลมเพียงแรงเดียวมากระทำ จึงส่งผลให้การหมุนของกังหันไม่มีแรงอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องของ จึงไม่สามารถเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

แมงกะพรุน



แมงกะพรุนเป็นสัตว์ชั้นต่ำอยู่ในกลุ่มเดียวกับไฮดรา แต่มีรูปร่างที่แตกต่างกัน จึงมีวิธีการเคลื่อนที่แตกต่างออกไป เนื่องจากแมงกะพรุนมีรูปร่างของลำตัวคล้ายกระดิ่ง และมีของเหลวที่เรียกว่า มีโซเกลีย (MESOGLEA) แทรกอยู่การหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและผนังที่ลำตัวสลับกันทำให้น้ำในลำตัวพุ่งออกมาทางด้านล่างขณะเดียวกันแรงดันของน้ำจะผลักตัวแมงกะพรุนให้พุ่งไปในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำที่พุ่งออกมารการหดตัวของขอบกระดิ่งและผนังลำตัวของแมงกะพรุนจะเป็นจังหวะ ทำให้แมงกะพรุนมีการเคลื่อนที่เป็นจังหวะไปด้วย

4. จงวาดภาพเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของ



5. ถ้ามีการทดลองให้แมงกระพุน 2 ตัวที่มีมวลเท่ากัน อาศัยอยู่ในของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกัน ปริมาณของโมเมนตัมที่เกิดขึ้นกับแมงกระพุนทั้งสองตัวจะแตกต่างกันหรือไม่ ข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวถูกต้องสอดคล้องตามแนวความคิดการเกิดโมเมนตัมของวัตถุ (มีคำตอบมากกว่า 1 ข้อ)
- ถ้าของเหลวใดมีความหนาแน่นมากกว่า จะส่งผลให้โมเมนตัมของแมงกระพุนในของเหลวนั้นมีปริมาณมาก เนื่องจากความหนาแน่นของของเหลวมีผลต่อขนาดของมวลแมงกระพุน
 - ถ้าของเหลวใดมีความหนาแน่นน้อยกว่า จะส่งผลให้โมเมนตัมของแมงกระพุนในของเหลวนั้นมีปริมาณมาก เนื่องจากความหนาแน่นของของเหลวมีผลต่อขนาดของมวลแมงกระพุน
 - ถ้าของเหลวใดมีความหนาแน่นมากกว่า จะส่งผลให้โมเมนตัมของแมงกระพุนในของเหลวนั้นมีปริมาณน้อย เนื่องจากความหนาแน่นของของเหลวมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของแมงกระพุน
 - ถ้าของเหลวใดมีความหนาแน่นน้อยกว่า จะส่งผลให้โมเมนตัมของแมงกระพุนในของเหลวนั้นมีปริมาณมาก เนื่องจากความหนาแน่นของของเหลวมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของแมงกระพุน

หลุมอุกกาบาตบาร์ริงเกอร์



หลุมอุกกาบาตบาร์ริงเกอร์ เป็นหลุมอุกกาบาตที่ตั้งอยู่ที่เมืองวินสโลว์ รัฐแอริโซนาของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือที่ถูกเรียกว่า แองบาร์ริงเจอร์ หลุมอุกกาบาตบาร์ริงเกอร์มีความกว้าง 1,250 เมตร ลึก 174 เมตร มีการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1890 ซึ่ง ดร.แดนเนี่ยล บาร์ริงเกอร์ และคณะ เป็นผู้เข้ามาสำรวจ และสรุปได้ว่า หลุมนี้เกิดจากลูกอุกกาบาตพุ่งชน นักวิทยาศาสตร์ได้คำนวณขนาดของอุกกาบาตว่าน่าจะมีน้ำหนักขั้นต่ำราว 70,000 ตัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25-30 เมตรและพุ่งชนด้วยความเร็วประมาณ 69,000

กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงทำให้เกิดหลุมขนาดใหญ่เช่นนี้ โดยคาดว่าแรงระเบิดจากการพุ่งชน จะมีความรุนแรงมากกว่าระเบิดปรมาณูที่ฮิโรชิมาและนางาซากิถึง 40 เท่าใน ปัจจุบัน แอ่งบาร์ริงเกอร์กลายเป็นเขตอนุรักษ์สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เปิด โอกาสให้นักท่องเที่ยวได้เข้าไปเยี่ยมชมความมหัศจรรย์ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ

(ข้อมูลจาก วิมุติ วสะหลาย เพจสมาคมดาราศาสตร์ไทย)

6. จงวาดภาพการเคลื่อนที่ของอุกกาบาตขณะเคลื่อนที่เข้ามายังโลกจนถึงเมื่อเกิดการพุ่งชน พื้นผิวโลก



7. ขณะที่อุกกาบาตเคลื่อนที่เข้ามายังโลก เมื่อเวลาผ่านไปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง โมเมนตัมของสะเก็ดดาวจะเป็นเช่นไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. “ลักษณะของกลุ่มอุกกาตที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลกมีขนาดและลักษณะการยุบตัวที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาด มวล และความเร็วในตกของอุกกาบาต” ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานที่สามารถนำมาเชื่อมโยงกับข้อมูลดังกล่าวนี้

.....

.....

.....

.....

การชนบนท้องถนน



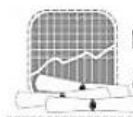
ในปัจจุบันอุบัติเหตุบนท้องถนนยังคงเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยเป็นอันดับหนึ่ง โดยเฉพาะการชนกันบนท้องถนน ดังเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเทศกาลที่มีรถยนต์คันสีดำถูกรถเก๋งคันสีขาวพุ่งเข้าชนบริเวณกันชนท้ายกะบะ ส่งผลให้เกิดความเสียหาย แต่ยังมีโชคดีที่ไม่มีใครได้รับบาดเจ็บ เนื่องจากคนขับรถของทั้งสองคันมีการคาดเข็มขัดนิรภัยขณะขับขี่

9. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายถึงการนำแนวคิดเรื่องการชน และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมมาใช้ในการสร้างถุงลมนิรภัยได้ถูกต้อง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ก. การสร้างถุงลมนิรภัยเพื่อเป็นการช่วยลดแรงปะทะระหว่างผู้โดยสารกับวัตถุด้านหน้า
- ข. การสร้างถุงลมนิรภัยจะช่วยให้ทำให้ช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมมีค่ามากขึ้น แรงที่เกิดจากการชนจึงมีค่าน้อย
- ค. การสร้างถุงลมนิรภัยจะช่วยให้มีการกระจายตัวของของโมเมนตัมเมื่อเกิดชน ส่งผลหลังการชนผู้โดยสารจะเกิดความเสียหายน้อยที่สุด
- ง. การสร้างถุงลมนิรภัยจะช่วยให้ขณะที่เกิดการชนผู้โดยสารจะได้รับแรงเสียดสีจากการชนน้อยที่สุด เนื่องจากปริมาณโมเมนตัมจะเกิดการลดลงหลังการชน

นักวิจัย มข.เจ๋ง

ต่อยอด'แผ่นรับแรง' M16



การศึกษา
สู่เศรษฐกิจ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น (มข.) เปิดตัว "งานวิจัยแผ่นรับแรงกระสุนปืนเอ็ม 16" ซึ่งเป็นการวิจัยแผ่นรับแรงกระสุนปืน จากเดิมที่สามารถป้องกันกระสุนปืนสั้นได้ ต่อยอดสู่แผ่นรับแรงกระสุนปืนขนาด 5.56 มม. กระสุนปืน M16 อาวุธที่ใช้ทางทหารได้สำเร็จ

นพ.ชาญชัย พานทองวิริยะกุล อธิการบดี มข. กล่าว ว่า มข. โดย นายพนมกร ชาวของ ภาค วิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ นายสุธา ลอยเดือนฉาย ได้ต่อยอดงานวิจัยจากเดิมที่วิจัยเรื่องแผ่นรับแรงกระสุน

ปืนสั้น ขณะนี้ได้ก้าวไปอีกขั้น โดยสามารถผลิตแผ่นรับแรงให้สามารถรับกระสุนปืนที่แรงและมีขนาดใหญ่ขึ้นได้สำเร็จ พร้อมทั้งได้จดสิทธิบัตรเป็นทรัพย์สินทางปัญญาเรียบร้อยแล้ว

"จุดเด่นของงานวิจัยนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเหล็กหนารวม 9 มิลลิเมตร ที่ใช้ในเสื้อเกราะกันกระสุนทั่วไป พบว่ามีน้ำหนักเบากว่า 2-3 เท่า และการหยุดจับกระสุน



พนมกร ชาวของ



สุธา ลอยเดือนฉาย



ไม่ให้เกิดการฉลอบ เนื่องจากแผ่นโลหะ ทำให้กระสุนเกิดการฉลอบซึ่งอาจไปโดนอวัยวะอื่น หรือผู้ที่อยู่ข้างเคียงเป็นอันตรายได้ นอกจากนี้ คณะนักวิจัยยังได้พัฒนาแผ่นรับแรงกระสุนปืนขนาด 5.56 มม. ออกมาหลายรุ่นที่รับแรงกระสุนปืนขนาดต่างๆ และน้ำหนักเบาขึ้นในแต่ละรุ่น เพื่อให้สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน"

นพ.ชาญชัยกล่าว

นายพนมกร ระบุ ว่า ขณะนี้ได้ทำการพัฒนาแผ่นรับแรงกระสุนปืนขนาด 5.56 มิลลิเมตร กระสุนปืน M16 อาวุธที่ใช้ทางทหาร

ได้สำเร็จ เพื่อรองรับการปฏิบัติงานขั้นกว่าสำหรับกลุ่มอาวุธสงคราม โดยมี 2 รุ่น ได้แก่ รุ่นน้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม และรุ่นน้ำหนักประมาณ 1.6 กิโลกรัม

ด้าน นายสุธา ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า อีกหนึ่งคุณสมบัติที่ดีกว่าเกราะอ่อนกันกระสุนที่ทำจากเคฟลาร์คือมีราคาถูกกว่า และชั่งกันอาวุธมีคมได้

สนใจสอบถามรายละเอียดได้ที่ โทร.08-9840-6586

มติชน ครอบคลุม Matchon (Mid-Day) Circulation: 950,000 Ad Rate: 1,100	Section: ประชาสัมพันธ์ / - วันที่: จันทร์ 7 กันยายน 2563 ปีที่: 43 ฉบับที่: 15520 หน้า: 18(กลาง) Col.Inch: 37.17 Ad Value: 40,887 PRValue (x3): 122,661 ศิลปิน: ชาว-คำ คอลัมน์: การศึกษาสู่เศรษฐกิจ: นักวิจัย มข.เจ๋ง ต่อยอด'แผ่นรับแรง' M16

10. จากข้อมูลข้างต้น การสร้างเสื่อเกราะกันกระสุน ควรมีหลักการในการเลือกวัสดุ อย่างไร
เพราะเหตุใด

ก. เลือกวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง เพราะวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงจะช่วยในการ
เปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของลูกกระสุนให้มากขึ้น ส่งผลให้ผู้สวมใส่มีความปลอดภัยมากขึ้น

ข. เลือกวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง เพราะวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงจะช่วยในการ
เปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของลูกกระสุนให้น้อยลง ส่งผลให้ผู้สวมใส่มีความปลอดภัยมากขึ้น

ค. เลือกวัสดุที่มีความแข็งสูง เพราะวัสดุที่มีความแข็งสูง จะช่วยในการเปลี่ยนแปลง
โมเมนตัม ของลูกกระสุนให้น้อยลง ส่งผลให้ผู้สวมใส่มีความปลอดภัยมากขึ้น

ง. เลือกวัสดุที่มีความแข็งสูง เพราะวัสดุที่มีความแข็งสูง จะช่วยในการเปลี่ยนแปลง
โมเมนตัม ของลูกกระสุนให้น้อยลง ส่งผลให้ผู้สวมใส่มีความปลอดภัยมากขึ้น

