



.....
**การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน
ร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน**

**The Development of Problem Solving Ability in Physics of Secondary 4 Students
in Momentum and Collisions Topic Using Creativity Based Learning Approach
with Metacognition Strategy**

Received: March 20, 2024

Revised: March 26, 2024

Accepted: May 15, 2024

ชัยวิช ออมแก้ว*

Chaitawat Aomkaew

มนตรี วงษ์สะพาน**

Montree Wongsaphan

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทำทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน 2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน และ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตีความ สรุปในรูปของการบรรยายโดยอาศัยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ บันทึกหลังการสอน และชิ้นงานของนักเรียน

ผลการวิจัย ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 33.33 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 79.17 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100.00

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์/ การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานขั้นร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน

* นิสิตปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Master of Education Student Program in Teaching of Science and Mathematics, Faculty of Education,
Mahasarakham University, Thailand

** อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Advisor, Assistant Professor Dr., Faculty of Education, Mahasarakham University, Thailand

Corresponding Author E-mail Address: 64010554007@msu.ac.th



Abstract

This research was classroom action research which consist of 3 cycles. The aim of this research was to develop the physics problem solving ability of Secondary 4 students, that focused on the momentum and collisions in order to overcome 70 percent criteria of full score by using creativity based learning approach with metacognition strategy. The target group was 24 students in Secondary 4 from Mahasarakham University Demonstration School (Secondary Section). The research instruments included 1) The Creativity Based learning method that coordinate with metacognition strategy 2) A problem solving ability test on the physics subject of “Momentum and Collisions”. 3) Student interview forms statistics e.g., mean, percentage, and standard deviation were used to analyzed quantitative data. Whereas, qualitative data analysis was operated by Interpretation and conclusion into descriptive article. Qualitative data were collected from the interviews, teaching notes written after instruction and assignments.

The results showed that the first cycle, 8 students passed the criteria of 70 percent (33.33%). The second cycle, 19 students passed the criteria of 70 percent (79.17%). The third cycle, 24 students passed the criteria of 70 percent (100.00%).

Keywords : Problem Solving Ability in Physics/ Creativity Based Learning Approach with Metacognition Strategy

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญในการฝึกทักษะความรู้พื้นฐานของการนำไปใช้ในวิชาต่าง ๆ และมุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต โดยเน้นกระบวนการให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นิภาพร ช่วยธานี (Chuyatane, 2012) กล่าวว่า วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์จะเป็นการแก้โจทย์ปัญหาที่มีการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และเกริก ศักดิ์สุภาพ (Saksuparb, 2013) กล่าวว่า ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยการแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ กราฟเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรพีชคณิตและสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้เรียนมักประสบปัญหาการวิเคราะห์โจทย์และไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ ผู้เรียนจึงไม่สามารถนำกฎ ทฤษฎี สมการต่าง ๆ ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้องหรือผู้เรียนสามารถท่องจำสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้และ ตะวัน พันธุ์ขาว (Phankhao, 2013) กล่าวว่า ผู้เรียนไม่รู้ว่าโจทย์ปัญหาแบบไหนต้องใช้สมการใดในการแก้ปัญหาหรือไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่ตั้งใจเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนลดลง



.....

การสอนรายวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหา 2 ประเด็นหลัก ดังนี้ 1) การขาดการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งผู้เรียนไม่มีประสบการณ์มากพอในการใช้ความรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่เห็นประโยชน์ของการเรียนวิชาฟิสิกส์และแก้โจทย์ปัญหาไม่ได้ ดังที่พบได้จากการสอน เรื่องงานและพลังงาน เมื่อผู้วิจัยให้ผู้เรียนร่วมกันแก้ปัญหาเมื่อปล่อยวัตถุจากที่สูงลงที่ต่ำและโยนวัตถุจากที่ต่ำขึ้นที่สูง ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานอย่างไร พร้อมคำนวณ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 70 ได้เพียงตอบออกมาเป็นคำพูด แต่เมื่อครูให้ลงมือปฏิบัติผู้เรียนยังขาดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ พบได้จากการรายงานผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 2 พบว่าจากประสบการณ์สอนวิชาฟิสิกส์ได้วิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนมากทำข้อสอบได้คะแนนน้อยในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงนำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 ข้อ แบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน (Beyer, 1997) โดยผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์แล้วไปวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มดังกล่าว ในภาคเรียนที่ 2/2567 ผลที่ได้คือ นักเรียนจำนวน 24 คน มีคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ต่ำกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 63.16 ของนักเรียนทั้งหมด

ผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะเห็นได้ว่า 5 ขั้นตอนมีการดำเนินไปอย่างเป็นระบบเหมาะสมกับการสอนเนื้อเรื่องที่มีเนื้อหาสำหรับให้ผู้เรียนค้นคว้าศึกษาจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ นำความรู้มาวิเคราะห์แก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายเองได้ โดยมีปัญหาเป็นจุดประกายเริ่มต้นปฏิบัติกิจกรรมมีผู้สอนเป็นผู้คอยดูแลให้คำแนะนำผู้เรียนมีการแบ่งปัน ร่วมมือส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และการคิดอื่น ๆ อีกหลายแบบใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันมาผสมผสานสอดแทรกเข้าในการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานยิ่งทำช่วยให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างเข้าใจเป็นระบบมากขึ้นส่งผลให้ผู้เรียนมีการตระหนักรู้กระบวนการคิดความสามารถของตนเองใช้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าวในการจัดการการควบคุมกระบวนการคิดและการทำงานของตนโดยรู้จักเลือกใช้กลวิธีต่าง ๆ ที่เหมาะสมอันจะช่วยให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จตามที่ต้องการคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียนได้มากขึ้นนอกจากนี้ยังมีการวัด การประเมินผลตามเป้าหมายการเรียนรู้ครบทั้ง 3 ด้านได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม



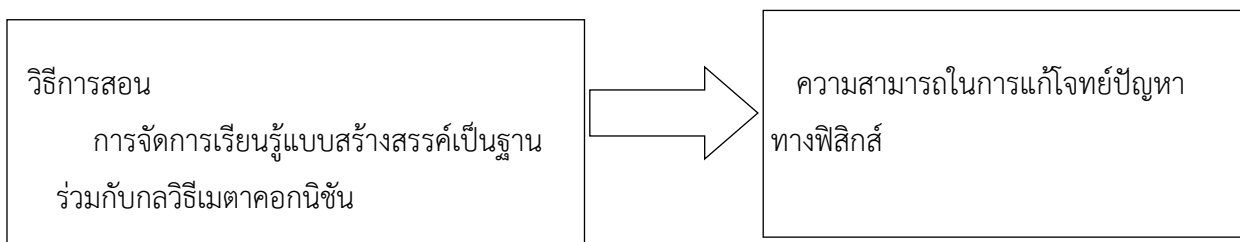
กรอบแนวคิดวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน จำแนกจากแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ นักเรียนที่เข้ารับการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีทั้งสิ้น 38 คน ผลการทดสอบ พบว่านักเรียนจำนวน 24 คน มีคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 63.16 ของนักเรียนทั้งหมด ดังนั้น กลุ่มเป้าหมายที่ต้องได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นนักเรียนในชั้นเรียนนี้จำนวน 24 คน

จากการศึกษาจุดเด่นของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานและข้อดีของกลวิธีเมตาคอกนิชัน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานพบว่า 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ขั้นตอนที่ 3 ค้นคว้าและคิด ขั้นตอนที่ 4 นำเสนอ และขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลของกิจกรรม การดำเนินไปอย่างเป็นระบบเหมาะสมกับการสอนเนื้อเรื่องที่มีเนื้อหาสำหรับให้ผู้เรียนค้นคว้าศึกษาจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ นำความรู้มาวิเคราะห์แก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายเองได้ โดยมีปัญหาเป็นจุดประกายเริ่มต้นปฏิบัติกิจกรรมและมีผู้สอนเป็นผู้คอยดูแลให้คำแนะนำผู้เรียน มีการแบ่งปันร่วมมือส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และการคิดอื่น ๆ อีกหลายแบบและใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การกำกับแก้ปัญหา และขั้นตอนที่ 3 การประเมินการแก้ปัญหา มาผสมผสานสอดแทรกเข้าในการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานยิ่งทำช่วยให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างเข้าใจและเป็นระบบมากขึ้นและนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และสามารถนำกลวิธีเมตาคอกนิชันไปใช้ในการส่งเสริมหรือพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ปีการศึกษา 2566 ภาคเรียนที่ 2 จำแนกจากแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ นักเรียนที่มีปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 24 คนจากนักเรียนทั้งหมด 38 คน



2. แบบแผนวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชันและศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผน ออกแบบแผนและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สารการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อกำหนดเป็นรายละเอียดในการสร้างแผนการเรียนรู้

การตรวจสอบคุณภาพของแผนการเรียนรู้นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน หาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณมาจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ และพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ บุญชม ศรีสะอาด (Srisa-ard, 2010) พบว่าค่าเฉลี่ยของแผนการเรียนรู้อยู่ในช่วงคะแนน 4.39–4.59 เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่าคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

3.2 แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แบบอัตนัยจำนวน 3 ชุด ชุดละ 3 ข้อ คะแนนเต็ม 18 คะแนน ใช้ในการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วในแต่ละวงจร กำหนดเวลาในการทดสอบครั้งละ 30 นาที ศึกษาหลักการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันและเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบตามแนวทางของกลวิธีเมตาคอกนิชัน

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความถูกต้องของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และความเหมาะสมต่อระดับความสามารถของนักเรียน แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเพื่อประเมินคุณภาพความเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีค่าเป็น 1.00 ทุกข้อและพบว่าค่าเฉลี่ยของแผนการเรียนรู้ในช่วงคะแนน 4.40–4.60 เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่าคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

3.3 แบบบันทึกหลังสอนและใบกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3.4 แบบสัมภาษณ์ ลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้วิจัยได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยจะสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบนำแบบสัมภาษณ์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของคำถามแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างประเด็นคำถามและประเด็นที่ต้องการทราบ การตรวจสอบคุณภาพของแบบสัมภาษณ์ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการทราบ โดยมีค่าเป็น 1.00 ทุกข้อคำถาม พบว่าคุณภาพมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ



4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เพื่อพัฒนาการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) หลังจากสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยการสังเกตในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ยังมีปัญหาการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนเรียนแบบทดสอบ อัตนัย 6 ข้อ โดยนักเรียนที่มีคะแนนสอบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เพื่อกำหนดกลุ่มเป้าหมายก่อนเริ่มทำการเก็บข้อมูลวิจัย

2) ศึกษาหลักสูตรการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการและหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เรื่อง โมเมนตัมและการชน วางแผนโดยจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้าง แบบทดสอบแบบสัมภาษณ์ เพื่อนำมาใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้และเป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในการวิจัย

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อดำเนินการวิจัยดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การดล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กฎทรงโมเมนตัม

วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนในหนึ่งมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การชนในสองมิติ

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe)

1) จัดบันทึกหลังการสอน โดยผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งที่ส่วนที่ดีและส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้

2) วิเคราะห์ตีความและสรุปในรูปของการบรรยาย จากใบกิจกรรมกลุ่มและแบบชิ้นงานของนักเรียนที่ลงมือทำในชั้นเรียน เพื่อสะท้อนปัญหาในการนำกลวิธีเมตาคอกนิชันไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์



3) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทำการทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 3 ชุด
ชุดละ 3 ข้อ ทดสอบทำยาวจนครบปฏิบัติการที่ 1-3

ขั้นที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน
จากผลแบบทดสอบ บันทึกหลังการสอน ใบกิจกรรมกลุ่ม แบบทดสอบย่อยและผลจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็น
ของนักเรียน นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติโดยร่วมสะท้อนผลกับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อ
ออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

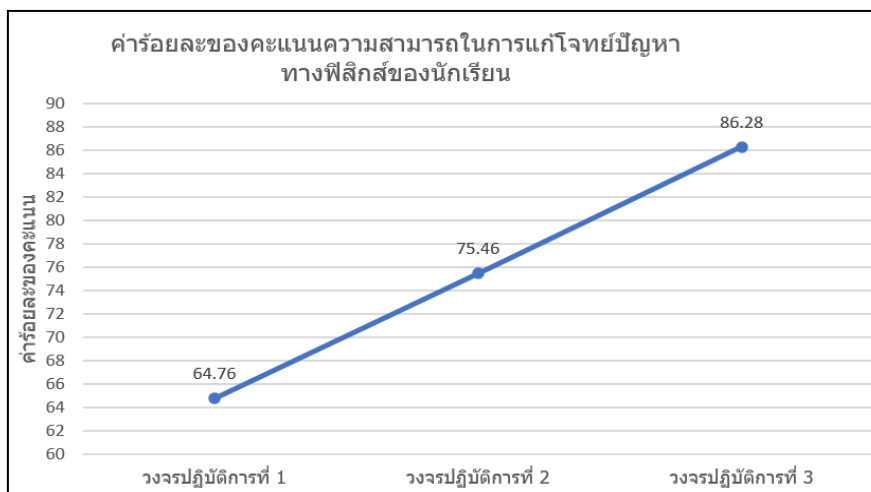
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ รวบรวมข้อมูลแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่ง
วิเคราะห์โดยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอน ผลจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของ
นักเรียน บันทึกหลังการสอน และชิ้นงานของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตา
คอกนิชันมาวิเคราะห์ตีความและสรุปในรูปแบบของการบรรยาย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย คະแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน
กลุ่มเป้าหมายหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1-3 โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีเมตาคอกนิชัน แบบ
อัตนัย แต่ละชุดมีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 3 ข้อ และมีคะแนนเต็มชุดละ 18 คะแนนทั้งหมด 3 ชุด เมื่อ
ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ มาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม พบว่ามีรายละเอียดดัง
ภาพประกอบ 2 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

จากภาพประกอบ 1 ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนน
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น
ตามลำดับสามารถสรุปผลได้ ดังนี้



.....
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ วงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียน (24คน)	วางแผน			กำกับและควบคุม			ประเมิน			คะแนนรวม (18)	S.D.	ร้อยละ
	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ (6)	คะแนน	S.D.	ร้อยละ			
เฉลี่ย	3.75	0.54	62.50	4.66	0.84	64.76	3.31	0.65	55.21	11.66	1.66	11.66
ผ่าน (คน)	4			15			2			8		

จากตารางที่ 1 พบว่าหลังจากที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชันในวงรอบที่ 1 แล้ว นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 11.66 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบ มีทั้งสิ้น 8 คน จากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 24 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน สามารถเรียงลำดับขั้นตอนที่มีคะแนนเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ลำดับ 1 ขั้นวางแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.75 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 2 ขั้นกำกับและควบคุม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.66 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.60 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 3 ขั้นประเมิน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.31 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.21 ของคะแนนเต็ม

พบว่าส่วนใหญ่ นักเรียนทำขั้นกำกับและควบคุมได้ เนื่องจากนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) มีทักษะการทำโจทย์ค่อนข้างดีจึงสามารถทำขั้นนี้ได้ดี แต่ส่วนใหญ่ที่พบในขั้นเรียน นักเรียนยังวางแผนการแก้โจทย์ยังไม่เป็นลำดับขั้นตอนและสูตรที่ใช้ ยังระบุไม่ครบทุกสูตรจึงส่งผลต่อการวางแผน แต่ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในขั้นการประเมินในช่องตรวจสอบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพราะยังไม่เข้าใจว่าต้องทำอะไร รวมไปถึงขั้นสอบคำตอบแต่นักเรียนหลายคนยกมือถามคุณครูและเดินเข้ามาถามหน้าห้องปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับวิธีการจัดการเรียนการสอน และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ใช้ ทำให้บางส่วนยังไม่ทราบวิธีการทำ	อธิบายขั้นตอนก่อนทำกิจกรรมและยกตัวอย่างในขั้นตอนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจอย่างช้า ๆ และละเอียดมากที่สุด
นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องไม่สอดคล้องกับคำถามที่ได้รับ	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องนั้น ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนกล้าแสดงออก ถ้าไม่เข้าใจแนวคิดวิธีการสามารถยกมือถามครูได้
ปัญหา	แนวทางการแก้ไข



ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
นักเรียนยังเกิดความสับสนในการอธิบายและระบุค่าสำคัญในชั้นวางแผน	อธิบายขั้นตอนที่นักเรียนไม่เข้าใจ อย่างช้า ๆ และละเอียดมากที่สุดและทวนซ้ำในคำและคีย์เวิร์ดที่สำคัญเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนในการวางแผน พร้อมทั้งให้นักเรียนใส่หน่วยทุกครั้งที่จะระบุตัวแปร
นักเรียนไม่แสดงวิธีคำนวณหรือมีการคำนวณที่ไม่ถูกต้อง	อธิบายและชี้แจงให้นักเรียนเกิดความตระหนัก ถึงความสำคัญในการแสดงวิธีการในการคำนวณที่ถูกต้อง
นักเรียนเขียนอธิบายการตรวจสอบคำตอบไม่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	อธิบายขั้นตอนในการทบทวนคำตอบอย่างละเอียดและชี้แจงให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทบทวนคำตอบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงที่มาของคำตอบได้ถูกต้อง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ วงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียน (24คน)	วางแผน			กำกับและควบคุม			ประเมิน			คะแนนรวม (18)	S.D.	ร้อยละ
	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ			
เฉลี่ย	4.42	0.61	73.61	4.95	0.31	82.47	4.22	0.59	70.31	13.58	1.22	75.46
ผ่าน (คน)	18			24			15			19		

จากตารางที่ 3 พบว่าหลังจากที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แล้ว นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 13.58 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบ มีทั้งสิ้น 19 คน จากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 24 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.95 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.47 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 2 ชั้นวางแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.61 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 3 ชั้นประเมิน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.22 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.31 ของคะแนนเต็ม

จากข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่าส่วนใหญ่แล้วนักเรียนสามารถทำการวิเคราะห์โจทย์ได้ ทำให้ลงมือแก้โจทย์ปัญหาในชั้นวางแผนได้ แต่มีบางส่วนที่ระบุตัวแปรหน่วยถูกต้อง แต่เครื่องหมายผิด ส่วนใหญ่นักเรียนสามารถทำชั้นวางแผนได้ส่งผลต่อเนื่องให้สามารถแทนค่าตัวแปรในสูตรและคำนวณหาคำตอบในชั้นกำกับและควบคุมได้ ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่นักเรียนมีปัญหามากที่สุด คือ ขั้นตอนประเมินและแนวทางการแก้ไขปัญหาดังตารางที่ 4



.....
ตารางที่ 4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
นักเรียนสับสนและจำสูตรไม่ได้	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องนั้น ๆ กระตุ้นให้นักเรียนอยากลองอยากรู้ เมื่อนักเรียนต้องการเปิดรับทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ทฤษฎีส่งผลให้จำสูตรได้
นักเรียนยังเกิดความสับสนในการอธิบายและระบุค่าสำคัญในชั้นวางแผน	อธิบายขั้นตอนที่นักเรียนไม่เข้าใจ อย่างช้า ๆ และละเอียดมากที่สุดและทวนซ้ำย้ำในคำและศิ่ย์เวิร์ดที่สำคัญเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนในการวางแผน พร้อมทั้งให้นักเรียนใส่หน่วยทุกครั้งที่จะระบุตัวแปร
มีนักเรียนบางส่วนไม่ต้องการแสดงวิธีการตรวจสอบขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและการตรวจคำตอบ	ชี้แจงให้นักเรียนเห็นความสำคัญว่าทำไมขั้นประเมินนี้ถึงสำคัญและจำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหา
นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ไม่ละเอียด โดยส่วนใหญ่ที่พบนักเรียนระบุตัวแปรได้แต่เครื่องหมายผิด	อธิบายลักษณะของเครื่องหมายผ่านการสาธิต เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์จากเหตุการณ์จริง จะทำให้ลดความผิดพลาดของเครื่องหมายและครุคอยทวนซ้ำย้ำทวนอยู่เสมอเพื่อเป็นการเตือนนักเรียน
โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ แต่ยังมีนักเรียนบางคน ในขณะที่จัดกิจกรรมไม่ค่อยกล้าแสดงออก และไม่ยกมือถามขณะที่ยังไม่เข้าใจในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา	เดินสำรวจเพื่อให้นักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ สามารถสอบถามในส่วนที่ไม่เข้าใจได้ ฝึกให้นักเรียนกล้าแสดงออกโดยมีการนำเสนอหน้าห้อง เพื่อเสริมสร้างภาวะความเป็นผู้นำ ส่งผลดีต่อเด็ก ๆ ในอนาคตต่อไป

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ วงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียน (24คน)	วางแผน			กำกับและควบคุม			ประเมิน			คะแนนรวม (18)	S.D.	ร้อยละ
	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ	คะแนน (6)	S.D.	ร้อยละ (6)	คะแนน	S.D.	ร้อยละ			
เฉลี่ย	5.14	0.43	85.59	5.42	0.45	90.28	4.92	0.53	81.94	15.53	1.04	85.82
ผ่าน (คน)	24			24			22			24		

จากตารางที่ 5 พบว่าหลังจากที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชันในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แล้ว นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 15.53 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จากแบบทดสอบมีทั้งสิ้น 24 คน จาก



.....
นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 24 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน สามารถเรียงลำดับขั้นตอนที่มีคะแนนเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ลำดับ 1 ขั้นกำกับและควบคุม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.28 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 2 ขั้นวางแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.14 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.89 ของคะแนนเต็ม ลำดับ 3 ขั้นประเมิน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.94 ของคะแนนเต็ม

จากข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 สามารถสรุปภาพรวมของชั้นเรียนได้ว่านักเรียนยังคงให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ยังคงมีความกระตือรือร้นในวันที่มีกิจกรรมสาคิตและสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ แต่แสดงออกว่าเริ่มเบื่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับในวันที่ไม่มีกิจกรรม ในส่วนของการใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่านักเรียนสามารถใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้คล่องขึ้น มีคำถามระหว่างแก้โจทย์ปัญหาน้อยลงปัญหาที่พบคือนักเรียนบางคนแทนค่าตัวแปรหน่วยถูกต้อง แต่สิ่งที่ผิดคือเครื่องหมายของปริมาณที่ยังคงมีผิดเล็กน้อยและแนวทางการแก้ไขปัญหาดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
บรรยากาศในห้องเรียนเป็นไปด้วยความเร่งรีบ ในวันที่มีกิจกรรมกลุ่มระดมความคิด	ผู้วิจัยพยายามลดขั้นตอนที่สามารถลดทอนได้ เช่น ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์โดยมีการวางอุปกรณ์จำแนกชนิด แล้วให้ตัวแทนกลุ่มออกมารับหน้าห้อง เพื่อทำให้เวลาในการทำกิจกรรมกระชับและตรงตามแผนการจัดการเรียนรู้
มีนักเรียนบางส่วนแสดงวิธีการตรวจสอบขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและขั้นประเมิน อย่างไม่เป็นลำดับขั้นตอน	ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนเห็นความสำคัญว่าทำไมขั้นประเมินนี้ถึงสำคัญและจำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ไม่ละเอียด โดยส่วนใหญ่ที่พบนักเรียนระบุตัวแปรไม่ครบ รวมไปถึงระบุเครื่องหมายผิดบางตัวแปรทำให้คำนวณผิดในขั้นกำกับและควบคุม	อธิบายลักษณะของเครื่องหมายเป็นปริมาณทางเวกเตอร์ ต้องคำนึงถึงเครื่องหมายในตอนระบุตัวแปรและทวนซ้ำทฤษฎีและหลักการอย่างซ้ำ ๆ เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงการระบุตัวแปรและเครื่องหมายอยู่เสมอ
นักเรียนระบุคำถามจากการวิเคราะห์จากโจทย์ผิด	ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนตระหนักและขีดเส้นใต้คำถามทุกครั้งที่ทำโจทย์การแก้ปัญหทางฟิสิกส์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาที่ดี

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดย



มีรูปแบบงานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นี้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในขั้นวางแผน ขั้นกำกับและควบคุม และขั้นประเมิน เป็น 3.75 4.66 3.31 คะแนนตามลำดับ โดยแต่ละขั้นตอนคะแนนเต็ม 6 คะแนน ขั้นตอนที่นักเรียนมีคะแนนน้อยที่สุดคือ ขั้นประเมิน ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบจากชิ้นงานของนักเรียน พบว่าขั้นตอนที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ขั้นการประเมิน ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนหลายคนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 นักเรียนทำขั้นวางแผนได้ในตอนระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ระบุคำถามจากโจทย์ ระบุสูตรที่ใช้แต่ยังมีนักเรียนส่วนใหญ่เขียนการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่เป็นลำดับขั้นตอน แต่เมื่อทำขั้นกำกับและควบคุม สามารถแก้โจทย์ได้ เมื่อถึงขั้นการประเมินพบว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจการตรวจสอบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จึงทำให้นักเรียนบางส่วนไม่เขียนคำตอบในส่วนนี้และบางส่วนเขียนไม่ชัดเจนว่าได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ผลจากการสัมภาษณ์นักเรียน สะท้อนให้เห็นว่ายังไม่คุ้นเคยในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และการตรวจสอบคำตอบในขั้นการประเมิน ทำให้ไม่รู้ว่าจะเขียนลงในกรอบอย่างไร ทำให้พบว่านักเรียนมีปัญหาในขั้นการประเมินมากที่สุด แต่กลวิธีเมตาคอกนิชันแนวคิดของ (Beyer, 1997) ออกแบบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาและเมื่อคำนวณหาคำตอบแล้วจะต้องทำการตรวจสอบย้อนกลับทั้งขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและตรวจสอบคำตอบ

ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ คือ นักเรียนยังไม่มี ความคุ้นเคยกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันและไม่เข้าใจการตรวจสอบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จึงทำให้นักเรียนบางส่วนไม่เขียนคำตอบในส่วนนี้และบางส่วนเขียนไม่ชัดเจนว่าขั้นตอนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการถัดไปเพื่อให้ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้เป็นไปตามความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในขั้นวางแผน ขั้นกำกับและควบคุมและขั้นประเมิน เป็น 4.42 4.95 4.21 คะแนนตามลำดับ โดยแต่ละขั้นตอนคะแนนเต็ม 6 คะแนน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ขั้นการประเมิน ซึ่งการลงมือแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ต้องการให้นักเรียนได้ฝึกตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของตนเอง เป็นการมองย้อนกลับไปตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาว่าสอดคล้องกับขั้นตอนที่วางแผนเอาไว้หรือไม่ แต่ละขั้นตอนถูกต้องแล้วหรือไม่ และคำตอบที่ได้สอดคล้องและถูกต้องกับคำถามของโจทย์หรือไม่ เพื่อประเมินความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง พาสนา จุลรัตน์ (Chularat, 2013) กล่าวว่านักเรียนขาดการทบทวนเนื้อหา บทบาทของครูในการสอน เพื่อให้ นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ต้องคอยกำกับให้นักเรียนหมั่นทบทวนหลักการความรู้หรือสูตร รวมถึงการฝึกใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันอยู่เสมอในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้มีความชำนาญมาก และ บีเยอร์ (Beyer, 1997: 191-192) ได้ให้ความหมายว่าเมตาคอกนิชันเป็นการคิดเกี่ยวกับ การคิด (Thinking about Thinking) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผนในการทำงาน การสังเกตหรือตรวจสอบความก้าวหน้า การประเมินผลงานหรือกิจกรรม รวมทั้งการปรับปรุงงานหรือกิจกรรมให้สำเร็จตามแผนที่วางไว้ เมื่อพิจารณาพบว่าภาพรวมของคะแนนแต่ละขั้นเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ผ่านมาข้อมูลที่รวบรวมได้จากบันทึกหลังสอนและการสัมภาษณ์



.....
สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน ผลจากการวิเคราะห์จากในกิจกรรมกลุ่มและแบบทดสอบย่อย ยังพบปัญหาที่คล้ายกันกับวงจรปฏิบัติการที่ผ่านมาที่ให้นักเรียนไม่ได้เต็มในแต่ละขั้นย่อย แต่โดยภาพรวมนักเรียนสามารถใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีขึ้น นักเรียนยกมือถามเมื่อไม่เข้าใจ เดินมาถามครูที่หน้าชั้นเรียนเมื่อไม่เข้าใจ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขให้ดียิ่งขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 หลังจากผู้วิจัยได้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ทำให้มีคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เฉลี่ยอยู่ที่ 15.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.82 ของคะแนนเต็ม 18 คะแนน มีจำนวนนักเรียนผ่าน 24 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผ่านทั้งหมดของกลุ่มเป้าหมาย เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นี้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในขั้นวางแผน ขั้นกำกับและควบคุม และขั้นประเมิน เป็น 5.14 5.42 4.92 คะแนนตามลำดับ หลังจากนักเรียนมีความคุ้นเคยกับกลวิธีเมตาคอกนิชันนักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการวาดรูปก่อนที่จะระบุตัวแปร ทำให้ลดข้อผิดพลาดจากการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้มากขึ้น เมื่อนักเรียนภายในชั้นเรียนเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ การตรวจสอบคำตอบเป็นการมองย้อนกลับไปตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาว่าสอดคล้องกับขั้นตอนที่วางแผนเอาไว้หรือไม่ แต่ละขั้นตอนถูกต้องแล้วหรือไม่ และคำตอบที่ได้สอดคล้องและถูกต้องกับคำถามของโจทย์หรือไม่ เพื่อประเมินถูกต้องของคำตอบทำให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้คะแนนสูงขึ้นตามลำดับ สุรภัทร สาแสง (Sasaeng, 2010) กล่าวว่านักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาเช่นนี้เป็นประจำ จะทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ตนมีอยู่ไปใช้วิเคราะห์หาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้นได้ เมื่อนักเรียนภายในชั้นเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน กับเพื่อนภายในกลุ่มและต่างกลุ่มเพื่อระดมความคิด กระตุ้นการเรียนรู้เพื่อเปิดโอกาสในการเรียนรู้ให้มีความอยากรู้คำตอบ เพื่อเป็นการดึงความสนใจผู้เรียนได้อย่างเต็มที่ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน อย่างไรก็ตาม คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ยังคงมีคะแนนในขั้นประเมินต่ำกว่าขั้นตอนอื่น ๆ ผลจากการสัมภาษณ์ พบว่านักเรียนบางคนทำแบบทดสอบไม่ครบเพราะว่า บางคาบใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเกินไป ทำให้มีเวลาในการทำแบบทดสอบจำกัด จึงส่งผลให้อ่านโจทย์ไม่ละเอียด ระบุเครื่องหมายผิด เนื่องจากการจัดการทดสอบในแต่ละครั้งมีข้อจำกัดด้านเวลา รวมทั้งผู้วิจัยไม่สามารถตัดจำนวนของโจทย์ปัญหาออกได้เพราะโจทย์ปัญหาถูกกำหนดในจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ จึงเป็นผลหลักที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเต็มที่ ส่งผลต่อคะแนนในขั้นการประเมินที่ทำให้น้อยกว่าขั้นวางแผนและขั้นกำกับและควบคุม ในกรณีนี้ผู้วิจัยควรคำนึงถึงความยากง่ายของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อลดข้อจำกัดด้านเวลา จะทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ละเอียด ลดข้อผิดพลาดมากขึ้น รวมทั้งคอยชี้แจงเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแต่ละขั้นตอนอยู่เสมอ

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชันสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ ผลจากการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 8 คนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็น 19 คน และเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3



.....

นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็น 24 คน มีคะแนนผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เนื่องด้วยการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นหนึ่งในรูปแบบการสอนที่วิจัยกับเด็กไทยเพื่อออกแบบการสอนให้ผู้เรียนได้ครบสองด้าน คือ ได้ทั้งด้านเนื้อหาวิชาและทักษะ ในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้วยการสอนรูปแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเป็นรูปธรรมได้มีการนำไปใช้แล้วและได้ผลดีคือ เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ วิริยะ ฤชชัยพาณิชย์ (Ruechaiphanit, 2015) กล่าวว่า การเรียนรู้สร้างสรรค์เป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ คือ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจทำให้ผู้เรียนนั้นมีความอยากอยากเรียน อยากรู้ อยากค้นหาคำตอบตนเองได้ ขั้นตอนที่ 2 ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ คือ กระบวนการนี้ทั้งหมด จะเป็นการใช้ปัญหาเป็นตัวนำขึ้นการตั้งปัญหาในรูปแบบของการจัดการเรียนการสอน แต่จะเป็นการปล่อยให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจในบทเรียน ค้นคิดจะปล่อยให้ผู้เรียนนั้นได้ใช้เวลาในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ ผู้สอนนั้นมีหน้าที่เดินให้คำปรึกษาตามกลุ่ม ให้คำปรึกษาเวลาที่ผู้เรียนมีปัญหา สิ่งที่ได้จากกระบวนการนี้ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง ทักษะการคิดและค้นคว้าหาคำตอบที่จะเกิดขึ้นจากช่วงเวลาของผู้สอนนั้นปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เวลากับเนื้อหาที่ตนเองสนใจได้อย่างเต็มที่ ขั้นตอนที่ 4 นำเสนอ คือ กระบวนการที่จะทำให้ผู้เรียนนั้นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา และขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลของกิจกรรม คือ การประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ และการสอดแทรกกลวิธีเมตาคอกนิชันเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการควบคุมและติดตามความคิด ผ่านขั้นการวางแผน การกำกับและควบคุม และขั้นการประเมิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา กิ่งกลาง (Kuengklang, 2021) การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แก๊สและสมบัติของแก๊ส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน ผลที่ได้ นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเพิ่มสูงขึ้น หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

1.1 ก่อนเริ่มนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมนักเรียนโดยการอธิบายลำดับขั้นตอนและลักษณะกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในชั้นเรียนให้ชัดเจน พร้อมทั้งยกตัวอย่างในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชัน

1.2 ผู้สอนควรเพิ่มกิจกรรมที่ทำทายนักเรียนในคาบนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการแข่งขันจะทำให้บรรยากาศการเรียนเป็นไปด้วยความสนุกสนาน เป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้อยากรู้ตลอดจนจบกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 ครูผู้สอนควรกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับระดับความยากความง่ายของโจทย์ปัญหาและในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานเกินไป จะได้สามารถจัดการเรียนรู้ได้ครบทุกขั้นตอน



1.4 ในการแก้โจทย์ปัญหาที่โจทย์ไม่ได้ให้ข้อมูลโจทย์มาโดยตรงหรือโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ผู้สอนจะต้องเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ ตั้งข้อสังเกต เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุปริมาณที่เกี่ยวข้องให้ รวมทั้งเน้นให้นักเรียนวาดภาพประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้อง

1.5 ในขั้นการประเมินของการแก้โจทย์ปัญหาวัยกลวิธีเมตาคอกนิชัน เป็นขั้นที่นักเรียนประสบปัญหามากที่สุด เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการตรวจสอบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาและการตรวจคำตอบ ผู้สอนควรอธิบายที่มาและความสำคัญของแต่ละขั้นอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งยกตัวอย่างเพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจได้มากขึ้นจากวิธีการเรียนรู้แบบใหม่ที่ต่างจากเดิมที่คุ้นชิน

1.6 จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ควรมีการนำกระบวนการแก้ปัญหาวัยกลวิธีเมตาคอกนิชันไปพัฒนาทักษะหรือความสามารถในด้านอื่น ๆ เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนตระหนักรู้เกี่ยวกับการรู้คิดของตน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในจัดกลุ่มผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ควรแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น กลุ่มเรียนเก่ง เรียนกลาง และเรียนอ่อน ไม่ควรพิจารณาผลจากการเรียนเพียงอย่างเดียวเพื่อความเสมอภาคในการจัดการเรียนรู้ ควรต้องทำการศึกษาความพึงพอใจแรงจูงใจและพฤติกรรมของผู้เรียนร่วมด้วย

2.2 นำกลวิธีเมตาคอกนิชันไปใช้ร่วมกันกับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นที่มีขั้นตอนน้อยลง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหรือแก้ปัญหาในเนื้อหาอื่นหรือกลุ่มเป้าหมายอื่น

2.3 การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบให้เหมาะสมตามจำนวนข้อและระดับความยาก-ง่ายของแบบทดสอบปะปนกัน ไม่ควรให้มีสองคำถามในข้อเดียวกัน เพื่อให้ นักเรียนทำแบบทดสอบได้เต็มที่และเพื่อให้การทดสอบสามารถสะท้อนผลที่ตรงกับความสามารถของนักเรียนได้เต็มที่

2.4 ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรเพิ่มเครื่องมือวิจัย เช่น แบบสังเกตพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อนำมาใช้สนับสนุนให้การวิจารณ์และการสรุปผลวิจัยมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น



.....
Reference

- Chuaythanee, N. (2012). “Development of Learning Activities in Physics on Kinetics to Develop Problem-Solving Abilities Using Metaphysics for Students of the Faculty of Science and Technology”. **Journal of Academic and Research Special** 40-45. (in Thai)
- Chularat, P. (2013). “Metacognism and Learning”. **Journal of Education** 1(14): 1-17. (in Thai)
- Kuengklang, S. (2021). **Development of Word Problem Solving Ability of Secondary 5 Students in Gas and Gas Properties Topic Using 5Es Inquiry Learning with Metacognition Strategy (Volume 44 No.4)**. Master of Education in Department Teaching Science and Mathematics Faculty of Education Mahasarakham University. (in Thai)
- Phankhao, T. (2014). “Development of Physics Supplementary Curriculum for Grade 4 Students”. **Journal of the Graduate School of Medicine**. [Online]. Retrieved February 20, 2024, from <https://www.graduate.ubru.ac.th>.
- Ruechaiphanit, W. (2015). “Creativity-Based Learning (CBL)”. **Journal of Learning Innovation** 1(2): 23-37. (in Thai)
- Sasaeng, S. (2010). **Studied the Achievement of the Application of Teaching to Solve Math Problems Using STAR Strategies on the Ability to Solve Problems**. Master of Science Thesis Program in Mathematics Teaching Faculty of Science King Mongkut's, University of Technology Thonburi. (in Thai)
- Srisa-ard, B. (2010). **Preliminary Research**. 7th. Bangkok: Suwiriyasasan. (in Thai)
- Saksuparb, K. (2013). **Development of a Teaching and Learning Model that Emphasizes the Ability to Solve Physics Problems (PECA) of High School Students**. Doctor of Education Program in Science Education Faculty of Science, Srinakharinwirot University. (in Thai)