



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of Learning Activities Using the MACRO Model Combined with Graphic Organizers to Enhance Grade 11 Students' Systems Thinking Ability

อภิวัดน์ มาตรเลียม¹ และกันยารัตน์ สอนสุภาพ²

Aphiwat Martliem¹ and Kanyarat Sonsupap²

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม¹

Department of Curriculum and Instruction Faculty of Education, Mahasarakham University¹

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม²

Department of Curriculum and Instruction Faculty of Education, Mahasarakham University²

Corresponding author, Email: mangkorn.noilni1122@gmail.com¹, kanyarat.s@msu.ac.th²

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิกให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน ได้จากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบจำนวน 20 ข้อ มีความยากอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.48 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89 3) ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 20 ข้อ มีความยากอยู่ระหว่าง 0.56-0.79 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24-0.64 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.71 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และสถิติทดสอบสมมติฐาน โดยใช้การทดลองทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการศึกษา พบว่า: 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 73.34/73.93 2) นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก มีความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model, แผนผังกราฟิก, การคิดเชิงระบบ

ABSTRACT

The purposes of this study were: 1) to develop learning activities using the MACRO Model combined with graphic organizers so as to meet the efficiency criterion of 70/70, and 2) to enhance the systems thinking ability of Grade 11 (Mathayomsuksa 5) students through the implementation of these learning activities, with the expected performance set at 70 percent of the total score. The sample consisted of 40 Grade 11 students from Class 5/10 at Sarakhampittayakhom School, Maha Sarakham Province, during the second semester of the 2024 academic year, who were selected through cluster random sampling. The research instruments included: 1) seven lesson plans based on the MACRO Model combined with graphic organizers; 2) a systems thinking ability test consisting of 20 items with difficulty between 0.30-0.80, discrimination between 0.20-0.48, and reliability of 0.89, and 3) a learning achievement test comprising 20 items with difficulty between 0.56-0.79, discrimination between 0.24-0.64, and reliability of 0.71. The data were analyzed using means, standard deviations, percentages, and a one-sample t-test.

The results revealed that: (1) the learning activities based on the MACRO Model combined with graphic organizers to promote systems thinking ability had an efficiency (E1/E2) of 73.34/73.93; and (2) participating students' post-instruction systems thinking ability was found significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level.

Keywords: Learning Activities Using the MACRO Model, Graphic Organizers, Systems Thinking

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศและการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากเป็นรากฐานของการสร้างองค์ความรู้ และนวัตกรรมทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่มุ่งเน้นการมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบอย่างเป็นองค์รวม สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงเชิงเหตุและผล ตลอดจนคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงในระบบได้อย่างรอบด้าน ทักษะดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และสาขา STEM เป็นอย่างมาก (สถาบันส่งเสริม การสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) การคิดเชิงระบบเป็นกระบวนการคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบอย่างเชื่อมโยงกัน สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล ตลอดจนคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในระบบได้อย่างรอบด้าน การคิดเชิงระบบเป็นกระบวนการคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์หรือ ปัญหาต่าง ๆ โดยไม่พิจารณาเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งแบบแยกส่วน แต่พิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในระบบอย่าง เป็นลำดับและต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะสำคัญของการคิดเชิงระบบประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การวิเคราะห์ ปัจจัยย่อย 3) การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย และ 4) การสังเคราะห์วงจรปัญหา กระบวนการดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยง องค์ความรู้ วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหา รวมทั้งมองเห็นภาพรวมของสถานการณ์ได้อย่างชัดเจนและเป็นเหตุเป็นผล (นิยม กิมาวุธณ์, 2559)

แม้ว่าหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จะกำหนดให้การพัฒนาทักษะการคิดเป็น เป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) แต่ผลการประเมินระดับชาติและนานาชาติยังสะท้อนข้อจำกัดด้านการคิด เชิงระบบของผู้เรียนไทย โดยเฉพาะผลการประเมิน Programme for International Student Assessment (PISA) ปี ค.ศ. 2022 ซึ่งพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 409 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่ 485 คะแนน และลดลงจากการประเมินในปี ค.ศ. 2018 อย่างชัดเจน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567) การประเมินดังกล่าวมุ่งวัดความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริง ซึ่งต้องอาศัยการวิเคราะห์องค์ประกอบของสถานการณ์ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร และการสังเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ ผลการประเมินจึงสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนจำนวนมากยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในเชิงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ รายงานของหน่วยงานทางการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียน การสอนในสถานศึกษาส่วนหนึ่งยังคงเน้นการบรรยาย โดยครูเป็นศูนย์กลาง ขาดการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูงและการเชื่อมโยง องค์ความรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้แบบแยกส่วนและไม่สามารถสร้างความเข้าใจเชิงระบบได้อย่างแท้จริง จากการสำรวจเบื้องต้น ของผู้วิจัยในผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ พบว่านักเรียนร้อยละ 65 มีผลการประเมินอยู่ในระดับพัฒนาการระดับต้น และมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน การประเมินของสถานศึกษา (โรงเรียนสารคามพิทยาคม, 2566) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังมีข้อจำกัดด้านการกำหนดประเด็นของปัญหา การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบ การอธิบายเหตุและผลเชิงซ้อน และการสังเคราะห์ภาพรวมของระบบอย่างเป็นองค์รวม ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้อย่างเป็น รูปธรรมและต่อเนื่อง

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในศตวรรษที่ 21 เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ล้วนมีศักยภาพในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง อย่างไรก็ตาม ในบริบทการจัดการเรียนรู้จริงยังพบว่า ผู้เรียนจำนวนมาก มีข้อจำกัดในการจัดระเบียบความคิดและเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ซับซ้อน ส่งผลให้การเรียนรู้มีลักษณะเป็นส่วน ๆ และไม่สามารถพัฒนาเป็น



ความเข้าใจเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในรายวิชาชีววิทยาซึ่งมีเนื้อหาเป็นนามธรรมและมีความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลหลายระดับ ด้วยเหตุนี้ การนำเครื่องมือช่วยคิดประเภทแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเสริมสร้างความสามารถในการจัดโครงสร้างความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และสามารถสังเคราะห์องค์ความรู้ในภาพรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชนัญธิดา เทียงราช, 2559, วณิชชา หมั่นเรียน, 2562) จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ซึ่งพัฒนาโดยดิเรก วรณศิริ (2558) ประกอบด้วยขั้นตอน Motivation, Active Learning, Conclusion, Reporting และ Obtain เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถส่งเสริมกระบวนการคิดและการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม หากปราศจากเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการจัดระบบความคิด ผู้เรียนบางส่วนอาจยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้และสรุปความเข้าใจเชิงโครงสร้างของระบบได้อย่างลึกซึ้ง ดังนั้น การบูรณาการแผนผังกราฟิกร่วมกับ MACRO Model จึงมีศักยภาพในการเสริมประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในขั้นสรุปองค์ความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องระบบขับถ่าย เพื่อส่งเสริมการเชื่อมโยงองค์ความรู้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทจริง อันจะเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

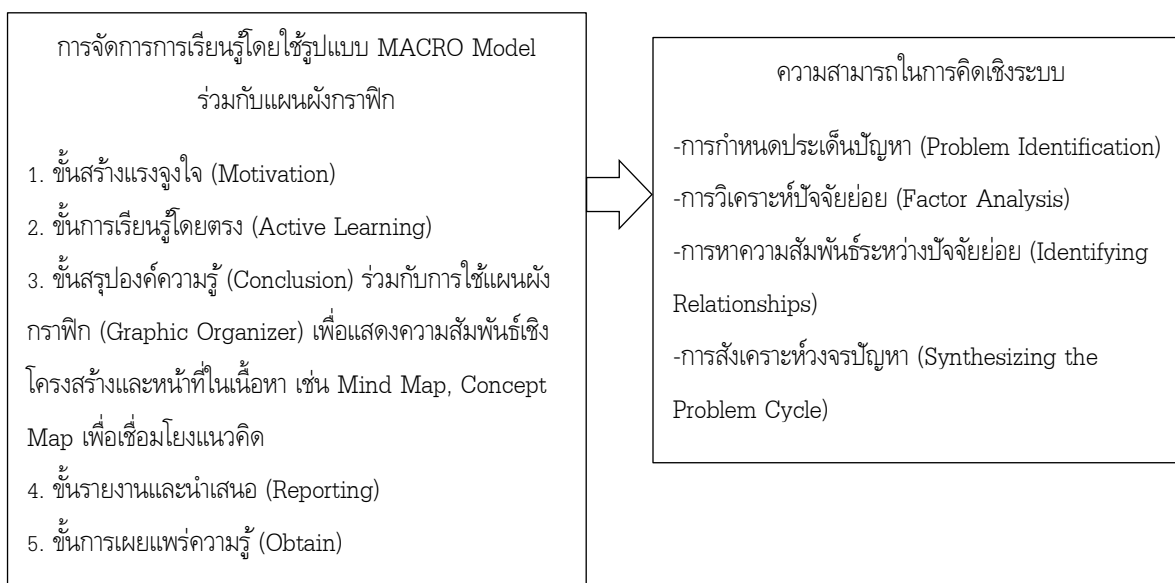
ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก จะมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 6 ห้อง รวมทั้งสิ้น 231 คน

ตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการคิดเชิงระบบ

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในรายวิชาชีววิทยา หน่วยสาระการเรียนรู้ที่ 17 เรื่อง ระบบขับถ่าย จำนวน 7 แผนการเรียนรู้

4. ระยะเวลา สถานที่

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 10 ชั่วโมง โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษามหาสารคาม



วิธีการดำเนินวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 17 เรื่อง ระบบขับถ่าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 แผน ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.72$, S.D.=0.48) โดยมีขั้นตอนการพัฒนา คือ ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และ เนื้อหาเรื่องระบบขับถ่าย รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ MACRO Model แผนผังกราฟิก และการคิดเชิงระบบ สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนของ MACRO Model ได้แก่ Motivation, Active Learning, Conclusion, Reporting และ Obtain โดยนำแผนผังกราฟิกไปใช้ในขั้นตอน Conclusion แผนผังกราฟิกที่นำมาใช้ ได้แก่ แผนผังวัฏจักร นำมาใช้ในแผนที่ 1 และ 5 แผนผังมโนทัศน์ นำมาใช้ในแผนที่ 2, 3, 6 และ 7 และแผนผังความคิด นำมาใช้ในแผนที่ 4 จากนั้นนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล แล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอนี้ นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมและเวลา ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ แบบปรนัยเชิงสถานการณ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 1 สถานการณ์ออกข้อสอบ 4 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย และการสังเคราะห์วงจรปัญหา จำนวน 20 ข้อ 5 สถานการณ์ โดยศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ วิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลและออกแบบโครงสร้างแบบทดสอบโดยประกอบด้วยสถานการณ์ที่อิงตามเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบขับถ่าย นำแบบทดสอบที่สร้างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของข้อคำถาม นำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ ปรากฏว่ามีความยากอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20-0.48 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของ KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.89

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบขับถ่าย แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยศึกษาหลักสูตร เอกสารการวัดและประเมิน ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา สร้างตารางวิเคราะห์เพื่อกำหนดสัดส่วนข้อสอบให้ครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหา และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยวัดระดับพฤติกรรมการเรียนรู้จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ข้อสอบและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ นำแบบทดสอบที่สร้างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความเที่ยงตรง และความเหมาะสมของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอนี้ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพ พบว่ามีความยากอยู่ระหว่าง 0.56-0.79 มีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.24-0.64 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett) ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.71

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการออกแบบการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียว วัดผลเฉพาะหลังเรียน (One-Group Posttest Only) (ไพศาล วรคำ, 2562) ซึ่งดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว โดยไม่มีการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ทั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมคะแนนระหว่างเรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบย่อย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์



หาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ E_1/E_2 และวัดผลสัมฤทธิ์ด้านความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ แล้วนำคะแนนหลังเรียนไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือจากมหาวิทยาลัยเพื่อขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการทดลอง
2. ชี้แจงรายละเอียดขั้นตอนและวิธีปฏิบัติให้กับนักเรียนและดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ในรายวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 17 เรื่อง ระบบขับถ่าย (Excretory system) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 7 แผน ใช้เวลา 10 ชั่วโมง 4 สัปดาห์ ระหว่างวันที่ 13 มกราคม 2568 ถึง 3 กุมภาพันธ์ 2568
3. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นไปทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างและนำผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 โดยการใช้สูตรคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2
2. วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้เกณฑ์แปลผลของบุญชม ศรีสะอาด (2551) เป็นเกณฑ์ผ่านตามาตรฐานการประเมินผลเพื่อพิจารณานักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งกำหนดเกณฑ์ผ่านเท่ากับ 14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน One Sample t-test

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิกเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่า E_1 โดยนำคะแนนของนักเรียนทุกคนที่ได้จากคะแนนใบกิจกรรมและคะแนนทดสอบย่อยท้ายแผน สัดส่วนคะแนน 50:50 และคำนวณค่า E_2 ที่ได้จากคะแนนการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงระบบและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจนครบทุกแผน ในสัดส่วนคะแนน 50:50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 สรุปค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก

(n=40)	คะแนนระหว่างเรียน สัดส่วนคะแนน 50:50			คะแนนหลังเรียน สัดส่วนคะแนน 50:50		
	ใบกิจกรรม (50)	แบบทดสอบย่อย (50)	รวม (100)	แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ (50)	แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (50)	รวม (100)
$\bar{x}$	42.42	30.92	73.34	36.06	37.87	73.93
S.D.	2.74	2.99	3.44	2.39	2.86	4.23
ร้อยละ	84.84	61.84	73.34	72.12	75.75	73.93

ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ = $73.34/73.93$

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น มีค่าประสิทธิภาพด้านกระบวนการ เท่ากับ 73.34 และมีประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ เท่ากับ 73.93 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ $73.34/73.93$ ซึ่งมีประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 70/70

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งครอบคลุมการคิดเชิงระบบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการกำหนดประเด็นปัญหา ด้านการวิเคราะห์ปัจจัยย่อย ด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย และด้านการสังเคราะห์วงจรปัญหา โดยแต่ละด้านมีจำนวน 5 ข้อ รวมทั้งสิ้น 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 20 คะแนน กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ผลการวิเคราะห์คะแนนรายด้าน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบเฉลี่ยรายด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

(n=40)	ความสามารถในการคิดเชิงระบบ (20)									ร้อยละ
	การกำหนดประเด็น ปัญหา		การวิเคราะห์ ปัจจัยย่อย		การหาความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยย่อย		การสังเคราะห์วงจร ปัญหา		รวม 20 คะแนน	
	5 คะแนน	ร้อยละ	5 คะแนน	ร้อยละ	5 คะแนน	ร้อยละ	5 คะแนน	ร้อยละ		
$\bar{X}$	3.35	67.00	4.10	82.00	2.97	60.00	3.97	78.00	14.37	71.87
S.D.	0.89		0.71		0.91		0.94		1.03	
p	.295		.000*		.001*		.003*		.027*	

หมายเหตุ. *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.37 คิดเป็นร้อยละ 71.87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีคะแนนสูงสุดที่สุด คือ การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย ($\bar{X} = 4.10$, S.D. = 0.71, 82.00%) สะท้อนว่านักเรียนสามารถจำแนกและวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาได้อย่างถูกต้องและลึกซึ้ง รองลงมา คือ การสังเคราะห์วงจรปัญหา ($\bar{X} = 3.97$, S.D.=0.94, 78.00%) แสดงว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงและสร้างภาพรวมของวงจรปัญหาได้ในระดับที่น่าพอใจ ส่วนการกำหนดประเด็นปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.35$, S.D. = 0.89, 67.00%) และด้านที่นักเรียนทำได้น้อยที่สุด คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย ($\bar{X} = 2.97$, S.D. = 0.91, 60.00%) แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังคงมีข้อจำกัดในการมองหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ภายในระบบ

อภิปรายผลการวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 73.34/73.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และหลังสิ้นสุดการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรูปแบบ MACRO Model เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ การใช้แผนผังกราฟิกยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระบบความคิด รวบรวมข้อมูล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแนวคิดสำคัญได้อย่างเป็นลำดับขั้น ทำให้มองเห็นภาพรวมและโครงสร้างของเนื้อหาได้ชัดเจน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ ดิเรก วรณเคียร (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สามารถส่งเสริมกระบวนการคิดและการเรียนรู้เชิงรุกของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์ลักษณ์ สิบแก้ว (2562) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และจัดระบบความรู้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ มนตรี วรารักษ์สัจจะ (2558) และ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2561) ที่ระบุว่า แผนผังกราฟิกเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดระเบียบความคิดและแสดงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ ซึ่งช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนเท่ากับ 14.37 คิดเป็นร้อยละ 71.87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จากรูปแบบ MACRO Model เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยขึ้น Motivation ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นและกำหนดประเด็นปัญหาขึ้น Active Learning and Conclusion ช่วยส่งเสริมการวิเคราะห์ปัจจัยย่อยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขึ้น Reporting ช่วยให้ผู้เรียนสรุป อธิบาย และเชื่อมโยงองค์ความรู้เป็นภาพรวมของระบบ ส่วนขั้น Obtain ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่จนเกิดความเข้าใจเชิงระบบ ดิเรก วรณเคียร (2558) ประกอบกับการใช้แผนผังกราฟิกที่ช่วยจัดระเบียบความคิดและแสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Novak and Gowin (1984) ที่มองว่าแผนผังความคิดเป็นเครื่องมือในการจัดโครงสร้างความรู้และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย รวมถึงแนวคิดของมานพ สิงห์วี (2556) ที่ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบจำเป็นต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิด การมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการเรียนรู้



จากประสบการณ์ตรง นอกจากนี้ผลการศึกษาของ ณัฐริกา ใผสานคำ และเมษา นวลศรี (2566) ซึ่งให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด MACRO Model สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดระดับสูงได้อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก ผู้สอนควรกำหนดกิจกรรมให้ชัดเจนและชี้แจงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจและให้ความร่วมมือได้เต็มที่ โดยเฉพาะขั้นตอนการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) ซึ่งเป็นช่วงที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ควรใช้เวลาในขั้นตอนนี้นานกว่าขั้นตอนอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ และกระตุ้นความคิดผ่านคำถามแทนการบอกตรง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนปรับความคิดและเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง
3. ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของนักเรียน โดยจัดกิจกรรมให้มีความหลากหลายเพื่อสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากข้อจำกัดที่พบในงานวิจัยครั้งนี้เกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย งานวิจัยต่อไปควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกทักษะดังกล่าวอย่างเข้มข้นและต่อเนื่องมากขึ้น เพื่อศึกษาว่าการเพิ่มกิจกรรมเฉพาะด้าน สามารถช่วยยกระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้มากน้อยเพียงใด
2. ควรศึกษาผลของการใช้แผนผังกราฟิกประเภทที่เน้นการแสดงความสัมพันธ์เชิงซับซ้อนโดยเฉพาะ เช่น แผนผังแบบวงจรหรือแบบเครือข่าย เพื่อเปรียบเทียบผลต่อความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยกับผังกราฟิกประเภทอื่น
3. ควรพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้สร้างแรงจูงใจและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น แม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังกราฟิก จะมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน แต่พบว่ายังมีนักเรียนบางกลุ่มที่มีส่วนร่วมไม่เต็มที่ งานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรออกแบบกิจกรรมให้หลากหลายและสนุกสนาน เช่น การใช้เกม การจำลองสถานการณ์ หรือสื่อมัลติมีเดียเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียนทุกกลุ่ม และเพิ่มโอกาสให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ดี เนื่องด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยอย่างดียิ่ง ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ที่เอื้อให้ความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี



รายการอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์* (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กระทรวงศึกษาธิการ.
- ชนัญธิดา เทียงราช. (2559). การพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิดประกอบแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. [วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม].
- ณัฐริกา ผาसानคำ และ เมษา นวลศรี. (2566). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับแนวคิด MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์เรื่องพอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(8), 246-262.
<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/262530>
- ดิเรก วรธนเตียร. (2558). *MACRO model: รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
<https://anyflip.com/iuaa/elyg/basic>.
- นิยม กิมาโนวัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 27(1), 61-73. <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/3256>.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2551). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ประสานการพิมพ์.
- พงษ์ธลักษณ์ ลิ้มแก้ว. (2562). เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO เรื่อง ระบบประสาทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2562* (น. 667-686). มหาวิทยาลัยรังสิต.
- พิชามา ดวงสงค์ และ ถาดทอง ปานสุวัชร. (2565). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสารรอบตัว โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก. [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร].
- ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา*. ตักสิลาการพิมพ์.
- โรงเรียนสารคามพิทยาคม. (2566). *รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา: Self-Assessment Report (SAR)* *วรอบปีการศึกษา 2566*. <https://www.spk.ac.th/home/>
- มนตรี วรารักษ์สัจจะ. (2558). การพัฒนาการสอนด้วยการใช้แผนผังกราฟิกเพื่อสร้างความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้วิชาประวัติศาสตร์ศิลป์สำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี. [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
- มานพ สิงห์วี. (2556). ผลการสอนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกประกอบรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 8(23), 115-128.
<https://so05.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/24725>
- วณิชชา หมั่นเรียน. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO MODEL ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (GRAPHIC ORGANIZERS) [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรังสิต]. คลังปัญญามหาวิทยาลัยรังสิต.
<https://rsuir-library.rsu.ac.th/handle/123456789/108>



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

(พิมพ์ครั้งที่ 1). กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022. <https://pisathailand.ipst.ac.th/>

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). การวัดผลการศึกษา. ประสานการพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2561). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด. ภาพพิมพ์.

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.