

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Implementing Problem Based Learning to improve system thinking of grade 11 students in climate change

วรรณละออ ตังสุข¹, สุริยา ชาปุ², ศิรินุช จินดารักษ์³

Wanlaor Tangsukh¹, Suriya Chapoo², Sirinuch Chindaruksa³

บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 2) เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 32 คน โดยใช้วิธีการเลือกเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การวิจัยนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายมิติที่นักเรียนมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวัน และประยุกต์ใช้แต่ละขั้นตอนของรูปแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างเป็นระบบควบคู่กับเนื้อหาการเรียนรู้

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Science Education, Faculty of Education, Naresuan University

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Faculty of Education, Naresuan University

³ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, Email: wanlaort62@nu.ac.th
Faculty of Science, Naresuan University

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในระดับดีมาก

คำสำคัญ : การคิดอย่างเป็นระบบ ปัญหาเป็นฐาน วิจัยเชิงปฏิบัติการ

Abstract

The aims of this action research were: 1) to study instructional problem-based learning in climate change, and 2) to study developing grade 11th students' system thinking on climate change implementing problem-based learning. The participants were 32 students of grade 11th who were selected by using Purposive Sampling and studied in the Science Math Technology and Environment program (SMTE) at the southeast of Thailand province. This study was conducted in the second semester of the academic year 2020. The instrument used were lesson plans, the reflections of instructional learning, student sheets, and a system thinking test. The data were analyzed by content analysis. The statistics used in data analysis were mean and standard deviation.

The results were as follows:

1. The study of instructional problem-based learning in climate change should present a variety of issues that students could connect in daily life. The problem-based learning's stages consisted of elements to aid system thinking and interdisciplinary corresponding to climate change contents as well. and

2. The grade 11th students' system thinking was improved very well on climate change through implementing problem-based learning

Keywords: System Thinking, Problem-Based Learning, Action Research

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 ที่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดอย่างก้าวกระโดดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ภูมิภาค และโลก และทักษะที่จำเป็นของประชากร ทั่วโลกต้องเผชิญหน้ากับความท้าทายและมุ่งพัฒนาประเทศไปสู่ยุคสังคมและเศรษฐกิจ 4.0 ฉะนั้น ปัญหาที่พบในศตวรรษที่ 21 จึงมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การแก้ปัญหาจึงไม่สามารถมองแค่ปัญหาเพียงอย่างเดียวแต่ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบที่อยู่ในระบบ มีงานวิจัยระบุว่า

การคิดอย่างเป็นระบบเป็นการเพิ่มขีดความสามารถและเครื่องมือสำคัญให้นักเรียนในการเผชิญกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 อีกทั้ง จากแนวทางที่ครูใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบบรรยายทำให้ขาดความเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งยังไม่ได้ส่งเสริมการคิดให้นักเรียน ทำให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบในระดับที่สามารถระบอบองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้ แต่มีบางตัวประกอบที่กำหนดผิด สามารถสร้างแผนภาพโดยใช้องค์ประกอบได้แต่ไม่ครบถ้วนไม่สมเหตุผล ระบุความสัมพันธ์ผิดพลาด ออกแบบแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เพื่อสื่อสารความผิดหรือออกแบบได้เพียงอย่างง่าย ดังนั้น การคิดอย่างเป็นระบบจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหาและตัดสินใจ ทั้งในการเรียน การประกอบอาชีพ และการดำเนินชีวิต

มีงานวิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ พบว่า หากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาจะส่งผลต่อการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อสร้างระบบ และหลังจัดกิจกรรมทักษะการคิดอย่างเป็นระบบมีความก้าวหน้าขึ้น แต่ยังถือว่าอยู่ในระดับต่ำ จึงต้องการแนวทางการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงระบบความคิดของนักเรียน (Mukhojyaroh et al., 2018) และจากการศึกษางานวิจัยได้ศึกษาการคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้แผนผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์กับโครงสร้างได้ จึงควรพัฒนาการจัดกิจกรรมโดยกำหนดสถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกแห่งความจริง มาประยุกต์ใช้เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมที่จะส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ (ชนธิป โทตรภวานนท์ และคณะ, 2562) อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยแนะนำการเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศว่าควรเป็นการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ครูจะทำหน้าที่แนะนำนักเรียนไปที่ละขั้นเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจและขยายความคิดผ่านประเด็นหรือคำถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือสืบเสาะด้วยตนเองเพื่อสร้างภาพรวมซึ่งจำเป็นต้องใช้การคิดที่เป็นระบบ แต่รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เช่น รูปแบบการใช้โครงงานเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลานาน และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเนื่องจากอาจเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในระหว่างดำเนินกิจกรรมได้ (Tolppanen & Aksela, 2018) ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยของแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เนื่องจากเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้เรียนรู้แบบสืบเสาะที่เริ่มต้นจากปัญหาหรือสถานการณ์ มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้สามารถชี้นำตนเองผ่านการฝึกฝนการคิด การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จนทำให้นักเรียนสร้างความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจของตนเอง (อัญชลี ชยานุวัตร, 2554, หน้า 20) โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางตลอดการเรียนรู้ อีกทั้ง ยังมีขั้นตอนที่มีสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ (Nagarajan & Overton, 2019) โดยในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ ทำความเข้าใจโดยแยกสาเหตุและปัญหา และให้ระบอบองค์ประกอบของสถานการณ์ เกิดความรู้ความเข้าใจ จนสามารถสังเคราะห์เชื่อมโยงองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะ

พัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
2. เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) ตามแนวคิด Kemmis (1988) (อ้างถึงใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2557, หน้า 23) มีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 32 คน โดยใช้วิธีการเลือกเจาะจง (Purposive Sampling)

ขอบเขตของเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาวิชาบรรยากาศ รหัสวิชา ว30263 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ตัวแปรที่ศึกษา

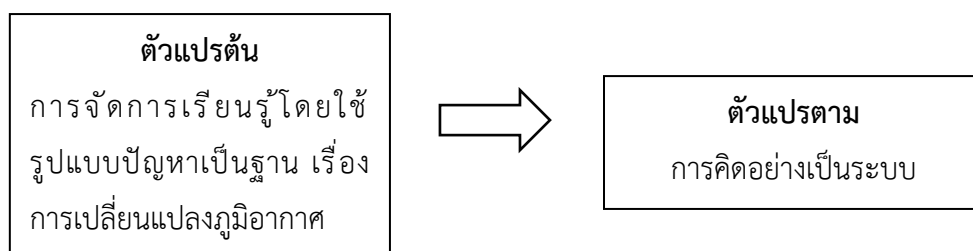
ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ตัวแปรตาม คือการคิดอย่างเป็นระบบ

ระยะเวลาในการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) ตามแนวคิด Kemmis (1988) (อ้างถึงใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2557, หน้า 23) กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 32 คน โดยใช้วิธีการเลือกเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้ มีทั้งหมด 3 แผน ดังนี้ ชุดที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ก๊าซเรือนกระจกส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ชุดที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เหตุการณ์รุนแรงของสภาพอากาศ และชุดที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อระบบนิเวศ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุด มีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 4.00 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน จึงถือว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก สามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ได้

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์การจัดการเรียนรู้อยู่ ซึ่งเป็นครูประจำการที่มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี มีประเด็นการสังเกต ดังนี้ 1) การเตรียมความพร้อมของครู และ 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งผู้ประเมินจะแสดงความคิดสะท้อนจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 4.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด สามารถนำไปใช้ได้

3. ใบกิจกรรมของนักเรียน โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะกำหนด 1 สถานการณ์ให้นักเรียนตอบแบบอัตนัย มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ มี 1 ข้อ และส่วนที่ 2

เกี่ยวกับการคิดอย่างเป็นระบบ มี 5 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อจะสอดคล้องกับแต่ละตัวบ่งชี้การคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อประเมินการคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 3 แผน ดังนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ทำ 3 ใบกิจกรรม

4. แบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยให้นักเรียนตอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยกำหนดสถานการณ์และให้นักเรียนตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด ผลการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.5 สามารถนำไปใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) ตามแนวคิด Kemmis (1988) (อ้างถึงใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2557, หน้า 23) มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เช่น รูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ วิธีการสร้างเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล และวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ 2) ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐานที่ได้ออกแบบไว้ 3) ขั้นสังเกต ผู้วิจัยสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรมของนักเรียน และ 4) ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตมาวิเคราะห์และสะท้อนผล เช่น จุดเด่น จุดด้อย และข้อเสนอแนะ จากนั้นนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ก๊าซเรือนกระจกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ วงจรที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เหตุการณ์รุนแรงของสภาพอากาศ และวงจรที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อระบบนิเวศ

สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและการตรวจสอบข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง เพื่อวิเคราะห์แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีผู้สะท้อน 2 ท่าน ได้แก่ ผู้วิจัยและผู้สังเกตการณ์สอน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย และจุดที่ควรพัฒนาเพื่อนำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป สำหรับการตรวจคะแนนเพื่อประเมินการคิดอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยใส่รหัสและจัดระเบียบข้อมูลตามตัวบ่งชี้การคิดอย่างเป็นระบบ ดังนี้ ตัวบ่งชี้ที่ 1 ระบุปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 2 ระบุสาเหตุและผลลัพธ์ ตัวบ่งชี้ที่ 3 ระบุสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อย ตัวบ่งชี้ที่ 4 ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ที่ 5 สร้างแผนภาพรวมมีรายละเอียด เกณฑ์การประเมินแต่ละตัวบ่งชี้มี 4 ระดับ ได้แก่ ดีเยี่ยม (3) ดี (2) พอใช้ (1) และปรับปรุง (0) โดยมีเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ดังนี้ 1) ใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละวงจร และ 2) แบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ จากนั้นผู้วิจัยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำคะแนนมาประเมินดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงเกณฑ์คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
12-15	ดีมาก	ผ่านระดับดีขึ้นไป
8-11	ดี	
4-7	พอใช้	
3	ปรับปรุง	

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สรุปตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่ม ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจ เนื่องจากจะทำให้สมาชิกในกลุ่มทำงานร่วมกัน มีแบ่งหน้าที่กันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม พร้อมทั้งช่วยเหลือกันในระหว่างการทำงาน โดยครูเป็นผู้ชี้แจงรายละเอียดกิจกรรมที่จะดำเนินการในชั้นเรียนให้นักเรียนเข้าใจ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา โดยครูเกริ่นนำและเน้นปัญหาที่มาจากกิจกรรมมนุษย์ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบัน เมื่อครูให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่จัดเตรียมไว้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยและได้พิจารณาสถานการณ์ให้เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้แล้วให้นักเรียนอธิบายคำศัพท์ที่พบในสถานการณ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหา เช่น ก๊าซเรือนกระจก ผลกระทบต่ออุณหภูมิโลก และส่งผลไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ ตามความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้ใช้ความรู้เดิมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการจัดระเบียบข้อมูลที่มีเบื้องต้นเพื่อตอบคำถาม

ขั้นที่ 3 ระดมสมอง ครูให้แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายประเด็นปัญหา สาเหตุ ผลลัพธ์ และ/หรือแนวทางแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งครูใช้เวลาในนี้สังเกตความคิดเห็นที่หลากหลายของนักเรียน ครูชี้ให้นักเรียนเห็นถึงจุดร่วมกันของแต่ละสถานการณ์โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น เสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงบริบทของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างสอดคล้องเหมาะสม แล้วให้นักเรียนร่วมกันระดมสมองและจัดระเบียบข้อมูลที่ได้มาอีกครั้ง พร้อมทั้งสรุปร่วมกันในการกำหนดแนวทางสืบค้นเพื่อหาคำตอบเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ครูได้แนะนำแหล่งข้อมูลที่นำเสนอให้เป็นแนวทางในการสืบค้นให้นักเรียน ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้แบ่งหน้าที่และนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนกันซึ่งจะเป็นการศึกษาค้นคว้าความรู้ใหม่ที่หลากหลายและเปิดโอกาสให้นักเรียนไตร่ตรองว่าความรู้ที่ได้ค้นคว้าเพื่อมาตอบปัญหาหรือข้อสงสัยของนักเรียนมีความเหมาะสม ดังนั้น ครูเน้นย้ำถึงจุดประสงค์

ของกิจกรรม ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม รวมถึงสังเกตการบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรมของแต่ละกลุ่มได้สรุปผลการศึกษาร่วมกัน แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นผลงานของกลุ่มตนเอง ซึ่งในการสร้างแผนภาพนักเรียนบางส่วนใช้การสร้างแบบอย่างง่ายมีระบุเป็นหัวข้อใหญ่และเขียนบรรยายภายในหัวข้อ ครูจึงแนะนำให้นักเรียนสร้างและใช้กลุ่มคำเพื่อเป็นตัวแทนโน้ตสน์ของนักเรียนและชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการสร้างแผนภาพว่าจะช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาถึงองค์ประกอบย่อยทั้งสาเหตุและผลลัพธ์ และนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้ได้ตรงจุด

ขั้นที่ 5 รายงานผลงาน ครูให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบอย่างสรุปโดยนำเนื้อหาความรู้ประจำบทเรียนที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมดมาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีเหตุผล และครูให้นักเรียนได้นำเสนอภาพรวมของสถานการณ์ของกลุ่มก่อนที่ครูและนักเรียนจะสรุปแนวคิดและยกตัวอย่างร่วมกันทั้งชั้นเรียน

2. ผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งได้ผลคะแนนดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงผลคะแนนค่าเฉลี่ยการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนในวงจรที่ 1-3 และหลังจากจัดการเรียนรู้

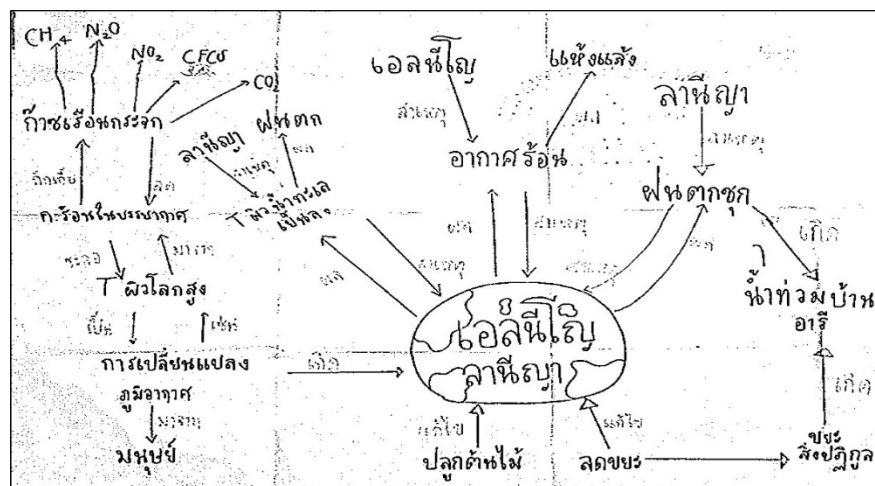
ตัวบ่งชี้	ระดับคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการจัดการเรียนรู้									
	วงจรที่ 1		วงจรที่ 2		วงจรที่ 3		ค่าเฉลี่ย		หลังการจัดการเรียนรู้	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
1. ระบุปัญหา	2.67	0.26	2.83	0.26	2.83	0.26	2.78	0.09	2.72	0.46
2. ระบุสาเหตุและผลลัพธ์	2.42	0.38	2.58	0.38	2.58	0.49	2.53	0.09	2.72	0.33
3. ระบุสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อย	2.33	0.55	2.5	0.55	2.67	0.52	2.50	0.17	2.69	0.33
4. ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ	2.25	0.52	2.67	0.52	2.67	0.52	2.53	0.24	2.64	0.41
5. สร้างแผนภาพรวม	2.17	0.55	2.5	0.55	2.67	0.52	2.45	0.25	2.48	0.47
รวม	11.84	1.99	13.08	1.99	13.42	1.91	12.78	0.83	13.25	1.43
ระดับการคิดอย่างเป็นระบบ	ดี		ดีมาก		ดีมาก		ดีมาก		ดีมาก	

ผู้วิจัยได้ศึกษาพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการ ดังนี้ วงจรที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ก๊าซเรือนกระจกส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ วงจรที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เหตุการณ์รุนแรงของสภาพอากาศ และวงจรที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อระบบนิเวศ และนำมาวิเคราะห์ผล ซึ่งได้ผล ดังนี้

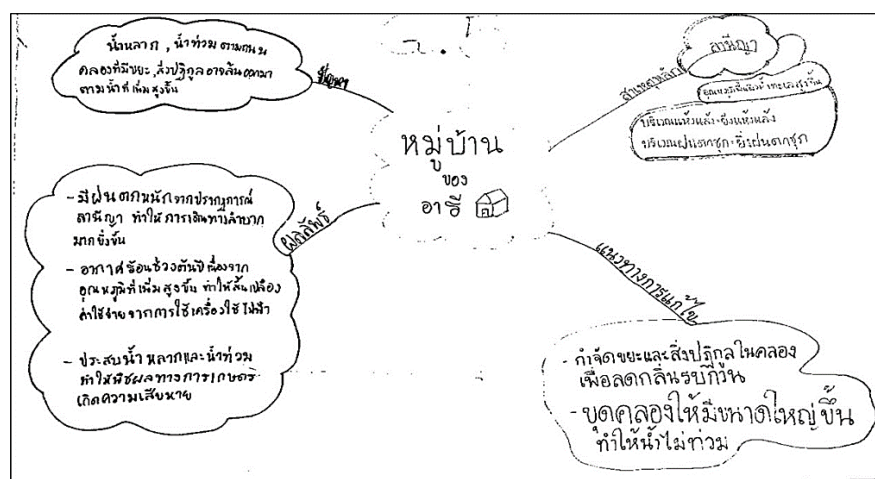
จากตาราง 2 พบว่า คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบในวงจรที่ 1 ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดอย่างเป็นระบบได้ดี โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ตัว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างชัดเจน มีความสมเหตุสมผล แต่ นักเรียนบางส่วนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ไม่เหมาะสม เช่น ใช้ชื่อเรื่องที่ครูกำหนดให้ ซึ่งไม่ใช่ประเด็นปัญหาของสถานการณ์ เป็นต้น นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแยกแยะแต่ละองค์ประกอบของปัญหาโดยระบุสาเหตุและผลลัพธ์สมเหตุสมผลสอดคล้องกับสถานการณ์ จัดหมวดหมู่และแยกเป็นสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อยได้สอดคล้องกับสาเหตุและผลลัพธ์หลักได้ สามารถนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายความหมายและหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบค่อนข้างเหมาะสม และนักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ดี นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแผนภาพของสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อแสดงมโนทัศน์ โดยใช้คำกำกับและใช้ลูกศรลากเส้นแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ได้เหมาะสม ถูกต้องบางส่วน นักเรียนบางส่วนสร้างโครงสร้างแผนภาพไม่เหมาะสม เนื่องจากเขียนบรรยายด้วยตัวอักษร

จากข้อมูลพบว่า นักเรียนขาดการพิจารณาและระบุถึงองค์ประกอบย่อยของสาเหตุและผลลัพธ์เพื่อใช้อธิบายกระบวนการภายในของภาพรวมสถานการณ์ การเขียนบรรยายยังไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าสาเหตุนั้นจะส่งผลให้เกิดกับผลลัพธ์ตัวใด นอกจากนี้ จากการตรวจสอบการบันทึกข้อมูลและแผนภาพในใบกิจกรรมที่ 1 ของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางส่วนมีการใช้คำเชื่อมทำให้สื่อความหมายคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

สำหรับคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบในวงจรที่ 2 และ 3 จากตาราง 2 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดอย่างเป็นระบบได้ดีมาก ถือว่านักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ 5 ตัว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับเนื้อหา มีความสมเหตุสมผล สามารถแยกแยะแต่ละองค์ประกอบของปัญหาโดยระบุสาเหตุและผลลัพธ์สมเหตุสมผลสอดคล้องกับสถานการณ์ จัดหมวดหมู่และแยกเป็นสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อยให้สอดคล้องกับสาเหตุและผลลัพธ์หลักได้ นำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายความหมายและหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ค่อนข้างเหมาะสม ขณะเดียวกันนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแผนภาพของสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อแสดงมโนทัศน์ โดยใช้กลุ่มคำกำกับและใช้ลูกศรลากเส้นแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ได้เหมาะสม ถูกต้อง ยกตัวอย่างดังภาพ 2



รวมถึงนักเรียนบางส่วนใช้การเขียนบรรยายด้วยตัวอักษร โดยสังเคราะห์ให้อยู่ในลักษณะของคำพูดบางส่วน แต่ไม่ได้ใช้ภาษาเชิงสัญลักษณ์ เช่น กลุ่มคำ ในการนำเสนอโน้ตชนัย ยกตัวอย่างดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงแผนภาพรวมของสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 5

และสำหรับการตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พบว่า ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก โดยนักเรียนสามารถนำเนื้อหาที่ได้จากการเรียนรู้ในแต่ละวงจรมาใช้ในการวิเคราะห์ แยกแยะและจัดระเบียบข้อมูลแล้วตอบคำถามในแบบทดสอบได้ จากข้อมูลทั้งหมดที่แสดงไปข้างต้นสะท้อนว่านักเรียนมีพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบดีขึ้นเป็นลำดับ

อภิปรายผล

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปและอภิปรายผลตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่ม ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ มีการแบ่งหน้าที่และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม พร้อมทั้งช่วยเหลือกันในระหว่างการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นราลักษณ์ ผ่องปัญญา และยศวีร์ สายฟ้า (2561) ที่กล่าวว่าการทำงานเป็นกลุ่มจะส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักร่วมกันคิดร่วมกันทำร่วมกันแก้ปัญหา สร้างความสนใจในการเรียน และช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาของบทเรียน

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ครูเป็นผู้เกริ่นนำปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ตอบข้อสงสัยของนักเรียน และเตรียมสถานการณ์ให้นักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิยม กิมานุวัฒน์ (2559, หน้า 136) ที่ได้กล่าวว่า การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ ครูจะต้องจัดเตรียมประสบการณ์การแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ และครูตั้งคำถามให้สอดคล้องกับบทเรียนในช่วง ซึ่งการตั้งคำถามจะช่วยกระตุ้นความสนใจและทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยพิจารณาสถานการณ์เพื่อระบุปัญหา

ขั้นที่ 3 ระดมสมอง เป็นขั้นที่ครูให้แต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองอภิปราย วิเคราะห์ประเด็นปัญหา สาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ในระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนจะมีโอกาสเจอข้อมูลเพิ่มเติมในประเด็นต่างๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยวงแก้ว สีพาวา (2562, หน้า 106) ที่เน้นให้นักเรียนระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาซึ่งจะทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการนำเสนอปัญหา วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้วยตนเองและนำไปสู่การเสนอวิธีหรือเทคนิคในการแก้ปัญหาได้ และงานวิจัยของ Jansson et al. (2015) ที่กล่าวว่าการระดมสมองจะช่วยให้นักเรียนร่างแนวคิดเพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างคำอธิบายปัญหาและการกำหนดแหล่งเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ครูเป็นผู้แนะนำแหล่งข้อมูลที่นำเสนอเพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นให้นักเรียน ซึ่งครูจะต้องเน้นย้ำให้นักเรียนคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของบทเรียนกับปัญหาที่ได้รับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุชรินทร์ จิตเส้ง และคณะ (2561) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถรวบรวม จำแนก

แยกแยะข้อเท็จจริงของข้อมูล เลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ภายใต้การแนะนำของครู เนื่องจากการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มีเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับกับวิชาความรู้หลายแขนง นักเรียนจึงมีโอกาสนในการค้นคว้าข้อมูลที่หลากหลาย โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้ นักเรียนได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ให้ตรงประเด็นที่สุด

ขั้นที่ 5 รายงานผลงาน เป็นขั้นที่ครูให้แต่ละกลุ่มนำผลงานของกลุ่มมานำเสนอผ่านแผนภาพสรุปและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ จากนั้นร่วมกันอภิปรายถึงข้อสรุปของคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ และคณะ (2558) ที่กล่าวว่าในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อเท็จจริง ซึ่งในการสรุปคำตอบนักเรียนจะต้องใช้เหตุและผลในการพิจารณาข้อมูล ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้จากทั้งประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ เกิดองค์ความรู้ใหม่และนำไปใช้อธิบายปัญหาบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง

2. ผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

จากการวิเคราะห์ผลการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน พบว่า วงจรปฏิบัติการในชั้นเรียนวงจรที่ 2 และ 3 คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายอยู่ในระดับดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรปฏิบัติการในชั้นเรียนวงจรที่ 1 ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนแต่ละตัวบ่งชี้จะเห็นได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบที่ดีขึ้น โดยเฉพาะตัวบ่งชี้ที่ 5 การสร้างแผนภาพเพื่อแสดงการอธิบายปัญหาได้อย่างเป็นระบบที่มีคะแนนสูงขึ้นในแต่ละวงจร นักเรียนสามารถมองภาพรวมของสถานการณ์ ระบุประเด็นปัญหาสำคัญได้อย่างชัดเจน มีความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagarajan & Overton (2019) ที่กล่าวว่าการศึกษาค้นคว้าที่เน้นปัญหาเป็นฐานจะช่วยให้ นักเรียนได้เผชิญหน้ากับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันซึ่งต้องใช้องค์ความรู้หลายสาขาวิชา นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิดเพื่อวิเคราะห์ สังเคราะห์ วางแผนอย่างเป็นขั้นตอน จัดระเบียบข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ใช้ในการตอบคำถามและอธิบายอย่างการระบุบทบาทหรือหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ นำไปสู่การเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา จากนั้นนักเรียนสามารถสังเคราะห์แผนภาพโครงสร้างที่แสดงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมดอย่างเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน สื่อสารได้ชัดเจน อ่านง่าย และคลอบคลุมกับเนื้อหาการเรียนรู้ แสดงถึงความเข้าใจในและมองเห็นภาพรวมทั้งหมดของระบบที่ซับซ้อนและการประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ที่ครูกำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนาธิป โหตรวานนท์ และคณะ (2562) ที่กล่าวว่าการนำเอาสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ของบทเรียนกับเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ใน

ชีวิตประจำวัน ทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดที่เป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ครูควรคำนึงถึงบริบทของห้องเรียนที่จะดำเนินกิจกรรม ดังนั้น ครูควรชี้แจงรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมแก่นักเรียนให้ชัดเจน

1.2 การสร้างสถานการณ์ ครูควรใช้สถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตนักเรียน และนำเสนอสถานการณ์ที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน และครูควรใช้คำถามเพื่อเป็นแนวทางหรือกรอบให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าในเนื้อหาของบทเรียนนั้น ๆ ได้ตรงประเด็นและตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและใช้สำรวจความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น ควรมีการพัฒนาเครื่องมือหรือกิจกรรมเพื่อให้สามารถวัดประเมินการคิดอย่างเป็นระบบและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

2.2 ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดหรือความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภาวะโลกร้อน และรูโหว่ของโอโซน เป็นต้น

บรรณานุกรม

ชนาธิป โหตรภวานนท์, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และวันดี วัฒนชัยยังเจริญ. (2562, เมษายน-มิถุนายน).

การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้สัมผัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 21(2), 64-79.

บุษรินทร์ จิตเส่ง, จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, และนวลจิตต์ เขาวงกิตพิงศ์. (2561, กรกฎาคม-ธันวาคม). ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องสารเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยสตูล จังหวัดสตูล. **วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ**. 11(2). 142-154.

นราลักษณ์ ผ่องปัญญา, ยศวีร์ สายฟ้า. (2561, เมษายน-มิถุนายน), ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แนวคิดการใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อเสริมสร้าง

- ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา (OJED)**. 13(2). 264-274.
- นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ ศิริสวัสดิ์, และเสาวลักษณ์ โรมา. (2558, กันยายน-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**. 26(3). 66-76.
- นิยม กิมาณวัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ยวงแก้ว สีพาชา. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังก้างปลาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). **สภาวะการศึกษาไทยปี 2559/2560 แนวทางการปฏิรูปการศึกษาไทยเพื่อก้าวสู่ยุค Thailand 4.0**. (1). กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- สุวิมล ว่องวาณิช. (2557). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. (17). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัญชลี ชยานุวัตร. (2554). การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. (1). นครศรีธรรมราช: งานนวัตกรรมการเรียนรู้ ส่วนส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- Jansson, S., Söderström, H., Andersson, P. L., & Nording, M. L. (2015). Implementation of Problem-Based Learning in Environmental Chemistry. **J. Chem. Educ.** 2015, 92, 12, 2080-2086.
- Mukhoyyaroh, Q., Diana, S., & Amprasto. (2018). High school student prior-knowledge in system thinking on the concept of plant classification system. **International Conference on Mathematics and Science Education**. 3. 66-69.
- Nagarajan, S. & Overton T. (2019). Promoting Systems Thinking Using Project- and Problem-Based Learning. **J. Chem. Educ.** 96, 2901-2909.
- Tolppanen, S. & Aksela, M. (2018). Identifying and Addressing students' questions on climate change. **The Journal of Environmental Education**. 49(5), 375-389