

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

DEVELOPING OF COMPUTATIONAL THINKING SKILLS USING STEM-PROBLEM BASED  
LEARNING WITH FORMULA CODING USING MICROSOFT EXCEL  
IN TOPIC OF SOLUTION FOR 10<sup>TH</sup> GRADE STUDENTS

เอมอัชชา เพ็ชรสะอาด<sup>1</sup>

Aimautchana Phetsaard

สุรีย์พร สว่างเมฆ<sup>2</sup>

Sureporn Sawangmek

Received Date: 25 May 2024

Revised Date: 23 October 2024

Accepted Date: 30 October 2024

บทความวิจัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ และแบบบันทึกกิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล และวิธีรวบรวมข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย ชั้นเรียนปัญหาควรควรใช้ประเด็นเกี่ยวกับสารเคมีตกค้างในการเกษตร และแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนตัวย่อย ขึ้นชี้แจงปัญหาควรพิจารณารูปแบบปัญหาที่มีรายละเอียดคล้ายกันนำมาบรรยายละเอียดที่สำคัญขึ้นวางแผนควรออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยการบูรณาการกับสะเต็ม และ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และขึ้นประเมินแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และ 2) หลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel พบว่าทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมีการพัฒนาจากระดับ พอใช้ เป็นระดับ ดี

**คำสำคัญ:** ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, ทักษะการคิดเชิงคำนวณ, โปรแกรม Microsoft Excel, การเขียน Formula coding, สารละลาย

<sup>1</sup>นักศึกษาหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,  
Student in Master of Education Degree in Science Education, Faculty of Education, Naresuan University.  
Email: aimutchanap65@nu.ac.th

<sup>2</sup>อาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,  
Lecture, Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University.

## Abstract

This action research aimed to (1) study guidelines of a learning management approach using STEM problem-based learning integrated with formula coding via Microsoft Excel on the topic of solutions for Grade 10th students, and (2) study the effects of this approach on students' computational thinking skills. The target group in this research was 40 Grade 10th students. Research instruments included lesson plans, reflective learning management records, a computational thinking (CT) skills test, and student activity logs. Qualitative data were analyzed using content analysis, and data reliability was ensured through triangulation of data sources and collection methods.

The research findings revealed that the guidelines of the learning management approach using STEM problem-based learning integrated with formula coding via Microsoft Excel on the topic of solutions involved the several stages. In the problem confirmation stage, teachers should use the issues of chemical residues in agriculture and break them down into sub-problems. In the problem clarification stage, similar cases should be analyzed to identify critical components for problem-solving. The planning stage should involve designing problem-solving algorithms integrated with STEM and formula coding using Microsoft Excel. The evaluation stage is the most appropriate solution. After the intervention, students' CT skills improved from a fair level to a good level.

**Keywords:** STEM problem-based learning, Computational thinking, Microsoft Excel, Formula coding, SolutionSolution

## บทนำ

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (computational thinking skills : CT) เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญทักษะพื้นฐานในการคิดแก้ปัญหาตามสถานการณ์ต่าง ๆ และใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ รวมทั้งการย่อยปัญหาที่ช่วยให้รับมือกับปัญหาที่ซับซ้อนหรือมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดได้วิธีคิดเชิงคำนวณที่พบในชีวิตจริงได้ มนุษย์เราเรียนรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา เพียงแต่การแก้ปัญหาตามแนวคิดนี้เป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อให้ได้แนวทางการหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องและแม่นยำ ประกอบด้วย การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) การกำหนดสาระสำคัญหรือคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในศาสตร์อื่นๆ หรือปัญหาทั่วไปได้อย่างเป็นระบบ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ดังนั้นในการจัดการศึกษาในปัจจุบันจึงต้องปรับเปลี่ยน เพื่อสอดคล้องกับประเทศไทยยุค 4.0 ตอบสนองกับทิศทางการผลิต และการพัฒนากำลังคนดังกล่าว โดยมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็น ที่ต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ภาสกร เรืองรอง และคณะ (2561)

อย่างไรก็ตามพบว่าในการทดสอบระดับนานาชาติ Bebras Thailand International Challenge on Computational Thinking หรือการทดสอบปีบราส สถิติของประเทศไทย ด้านทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในอันดับที่ 38 ของโลก และเป็นอันดับที่ 3 ในกลุ่มประเทศอาเซียน รองจากประเทศอินโดนีเซีย และประเทศเวียดนาม Bebras.org (2023) สถาบันการจัดการนานาชาติ หรือ IMD ปี 2566 จัดลำดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของไทย จากประเทศที่เข้าร่วมทั้งหมด 64 เขตเศรษฐกิจ พบว่าจากปี 2565 ไทยได้อันดับที่ 53 และในปี 2566 ประเทศไทยได้อันดับ 54 ซึ่งลดลง 1 อันดับ

นอกจากนี้สาเหตุอาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ของครูยังไม่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ซึ่งมีผลให้การเรียนรู้ตลอดจนการสอบคงเน้นการท่องจำเนื้อหามากกว่าการเรียนรู้เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริง และในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีของผู้วิจัยที่พบว่า จากการสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายการเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ เรื่องสารละลาย ที่ต้องมีกรแยกปัญหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากสูตรสมการการคำนวณความเข้มข้นในหน่วยต่างๆ พบว่านักเรียนไม่สามารถตอบคำถามเพื่อเสนอแนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดเชิงคำนวณได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด (2559) ยังให้ข้อมูลสนับสนุนว่าสาเหตุที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นเพราะไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรายุทธ์ ดวงจันทร์ (2561) ที่กล่าวว่านักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนท่องจำสูตรและสมการจึงไม่สามารถแก้ปัญหาในรูปแบบที่ประยุกต์เป็นสถานการณ์อื่นนอกเหนือจากบทเรียนได้

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2011) พบว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และใช้วิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันได้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการ บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือใกล้เคียง สถานการณ์จริงมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ และต้องการสำรวจตรวจสอบ หาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียน ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติให้กับนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Weintrop, et al. (2014) เป็นการนำทักษะการคิดเชิงคำนวณเข้าสู่หลักสูตรสะเต็มศึกษาโดยตรง จะทำให้ครูผู้สอนเกิดความเชี่ยวชาญที่สูงขึ้น ซึ่งนักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการต่างๆ ที่ครูวิทยาศาสตร์สร้างและเพิ่มพูนความรู้ด้วยแนวทางการสอนสิ่งใหม่ นอกจากนี้พบงานวิจัยของ Matsumoto and Cao (2017) นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ที่โรงเรียนมัธยมศึกษาที่ใช้หลักสูตรมาตรฐานการเรียนรู้อายุศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NGSS) ใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้น

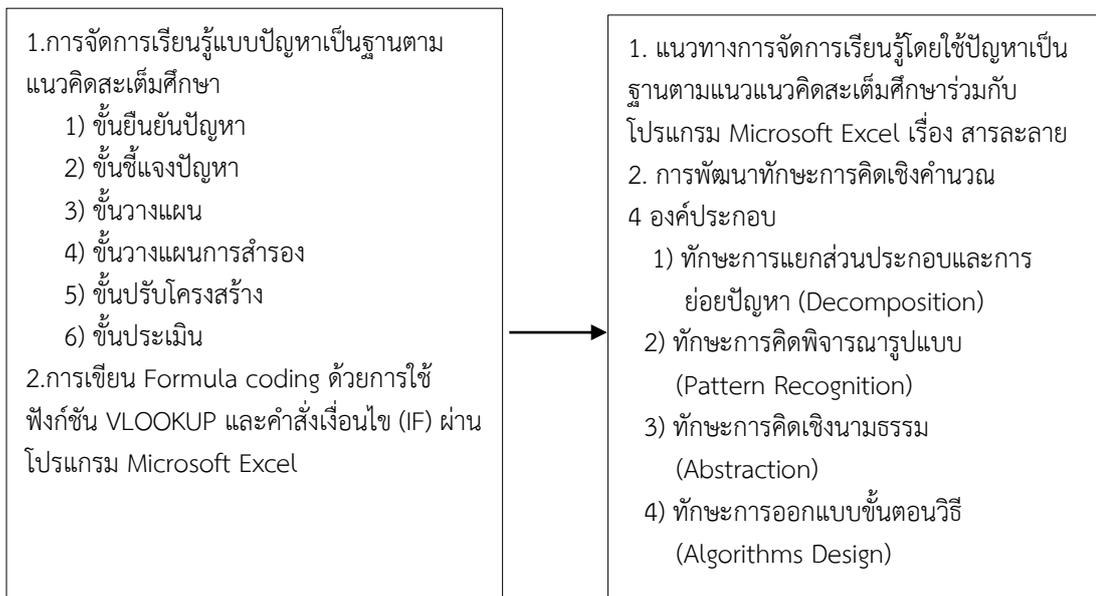
ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่เป็นสถานการณ์และเรื่องราวในชีวิตของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำผลของการแก้ปัญหาไปปรับใช้ในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงและนำไปประยุกต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

### กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

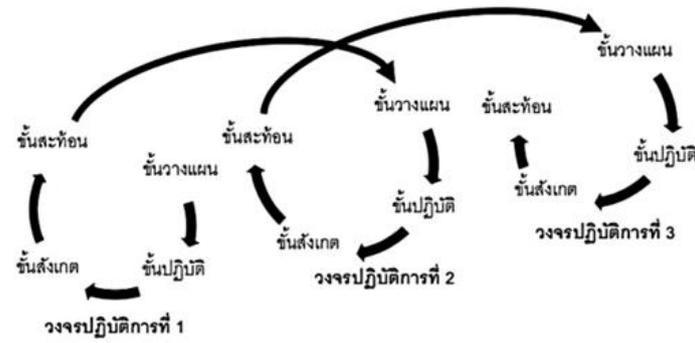
ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดหลักการที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง สารละลาย รวมถึงแนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาตามแนวทางของ Lou, et al. (2011) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริง จึงนำไปสู่กรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยครั้งนี้



ภาพ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (Kemmis, 1988; อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557) มาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนใน 1 วงจรปฏิบัติการ (PAOR cycle) ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยมีรายละเอียดของกิจกรรมในแต่ละวงจรถัดไป



ภาพ 2 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart

### กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 40 คน

### ตัวแปรที่ศึกษา

- 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานตามแนวแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- 2) ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือสำหรับการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ควรมีแนวทางเป็นอย่างไรประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย จำนวน 3 แผน โดยแบ่งหัวข้อย่อย คือ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการฉีดพ่นสารกำจัดแมลงในนาข้าว, การฉีดพ่นยาฆ่าหญ้าในนาข้าว และการฉีดพ่นฮอร์โมนข้าวในนาข้าว เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน Lou, et al. (2011) คือ ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรวจ ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง และขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.21

1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้บันทึกโดยผู้วิจัยและครูเคมี ผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบบสะท้อนผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26

2. เครื่องมือสำหรับศึกษาผลการพัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ควรเป็นอย่างไร ประกอบด้วย

2.1 แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นข้อสอบที่ใช้วัดทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนแสดงให้เห็นถึงเนื้อหาบทเรียนเรื่อง สารละลาย โดยใช้ข้อคำถามเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ และการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเขียนสูตรแสดงการคำนวณความเข้มข้นด้วยฟังก์ชัน VLOOKUP และคำสั่งเงื่อนไข (IF) ซึ่งแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ผ่านการตรวจสอบ ความ ตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านโดยการ หาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งถือว่าเป็นแบบวัดที่สามารถนำไปใช้ได้

2.2 แบบบันทึกการทำกิจกรรมของนักเรียน เพื่อรายงานผลการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนโดยนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการเขียนข้อมูลจากสิ่งที่สืบเสาะหรือค้นคว้า ซึ่งผู้วิจัยออกแบบให้สะท้อนถึงการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยเริ่มเก็บตั้งแต่ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผ่านการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการเรียนรู้ แล้วดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย เพื่อศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวมเวลา 15 ชั่วโมง ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน ผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาเกี่ยวกับการขาดทักษะการคิดเชิงคำนวณในการเรียนวิชาเคมี ในโรงเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งของจังหวัดพิษณุโลก รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดำเนินการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนการจัดการเรียนรู้ วางแผนและออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย และสร้างเครื่องมือในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผล แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ และข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ผู้วิจัยได้ทำการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน และดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้วงจร 1 แผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 สังเกต ผู้วิจัยสังเกตผลการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมโดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกการทากิจกรรม เพื่อนำไปสู่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนต่อไป

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ มาทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเอง และจากครูผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลสรุปที่ได้มาสะท้อนตนเองและวิเคราะห์วิจารณ์ร่วมกับครู ผู้เชี่ยวชาญการสอนเคมี เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้ได้ข้อเสนอแนะ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการถัดไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากครูเคมี และผู้วิจัยโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) อ่านสิ่งที่ผู้สะท้อนบันทึก จัดระเบียบข้อมูล และกำหนดรหัสข้อมูล หลังจากนั้นเขียนข้อสรุปชั่วคราว และสร้างบทสรุป จากนั้นนำไปปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป และตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีการแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation)

2. แบบวัดการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน เรื่องสารละลาย โดยวิเคราะห์ข้อมูล จากสิ่งที่ผู้เรียนได้ตอบคำถามจำนวน 6 ข้อโดยมีการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินแบบรูปrikที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นตามแนวทางของ Rodriguez (2015) วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละ และจัดกลุ่มให้อยู่ในระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ 6 ระดับ เกณฑ์ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจาก Ling, et al. (2018) คือ คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 16 ระดับปรับปรุง คะแนนร้อยละ 17- 32 ระดับ ค่อนข้างต่ำ คะแนนร้อยละ 33 – 48 ระดับ พอใช้ คะแนนร้อยละ 49 – 64 ระดับ ค่อนข้างดี คะแนนร้อยละ 65 – 80 ระดับ ดี คะแนนร้อยละ 81 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก โดยตรวจสอบความน่าเชื่อถือด้วยวิธีการแบบสามเส้าด้านวิธีการ (Method triangulation)

## ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นทางตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปได้ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการกระตุ้นความสนใจนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารละลายในชีวิตประจำวัน ประเด็นปัญหาที่เป็นผลกระทบของสารเคมีตกค้างในพืชเศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ สถานการณ์การเกษตรกรรมพบการใช้สารเคมีปริมาณมาก เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชผลทางการเกษตร ส่งผลให้สารเคมีตกค้างเกินมาตรฐาน ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และเศรษฐกิจการส่งออกต่างประเทศ หากบ้านของกลุ่มนักเรียนเป็นผู้ประกอบการรับจ้างบินโดรนทางการเกษตร เพื่อจะส่งออกข้าวไปยังต่างประเทศ นักเรียนออกแบบโปรแกรมการคำนวณอย่างง่าย และการเตรียมสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ เพื่อทำทายนักเรียนให้คิดแก้ไขปัญหา ในครั้งนี้ จากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มพร้อมระบุปัญหา หลังจากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำปัญหาของกลุ่มมาแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย และบันทึกปัญหาของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม จากผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนเกิดความสับสนว่า จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนด ว่าต้องการให้แก้ปัญหาอะไร เนื่องจากสถานการณ์ค่อนข้างมีปัญหาเกิดขึ้นในหลายส่วนทั้งในภาพกว้างและองค์ประกอบย่อยประเด็นปัญหา ได้แก่ ปัญหาปริมาณสารเคมีตกค้าง ปัญหาเศรษฐกิจ ปัญหาสุขภาพ และปัญหาของผู้บินโดรน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยใช้คำถามและเพิ่มการอธิบายโดยกำหนดสถานการณ์เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง สารละลาย โดยให้นักเรียนวิเคราะห์และตีความว่าจะต้องแก้ปัญหาที่ใดอย่างไร และนักเรียนสามารถแยกย่อยปัญหาได้

### ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนนำปัญหาย่อยของกลุ่มนักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันแล้วนำมาทำการแยกปัญหาย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือปัญหาย่อยที่สำคัญและปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ พิจารณารายละเอียดและลักษณะของปัญหาเพื่อนำมาหาวิธีแก้ปัญหาย่อยอย่างมีเหตุผล จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนสืบค้นแนวคิดทางสะเต็มศึกษา นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมได้ ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้สารเคมีในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ , การเตรียมสารละลาย เป็นต้น ความรู้ด้านเทคโนโลยี เช่น การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารกำจัดแมลง โปรแกรมที่ใช้สร้าง เป็นต้น ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ เช่น การออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหา เป็นต้น ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณการใช้สารต่อพื้นที่ คำนวณค่าใช้จ่าย เป็นต้น จากผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับพิจารณารูปแบบของปัญหา และการคิดเชิงนามธรรมซึ่งส่งผลต่อการวางแผนในขั้นต่อไป วงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยเพิ่มการให้คำแนะนำและตั้งคำถามเกี่ยวกับรูปแบบของปัญหา พร้อมกับยกตัวอย่างประกอบ

### ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนและการออกแบบขั้นตอนวิธี

ผู้วิจัยได้เตรียมตัวอย่างเว็บไซต์เพื่อใช้ในการสืบค้น ได้แก่ วิธีการคำนวณความเข้มข้นหน่วยต่าง ๆ การเตรียมสารละลาย สารกำจัดแมลง ยาฆ่าแมลง ฮอริโมน เป็นต้น หลังจากนั้นนักเรียนบันทึกความรู้เกี่ยวกับเรื่องสารละลายที่ได้ ผู้วิจัยแจ้งอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้แทนยาฆ่าแมลง (สารโซเดียมคลอไรด์) ยาคุมฆ่าหญ้า (สารคอปเปอร์ซัลเฟต) และฮอริโมน (สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต) พร้อมทั้งอธิบายเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน และเงื่อนไขของสถานการณ์ที่ต้องใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเขียน Formula coding ผ่านการเขียนคำสั่งเงื่อนไข (=IF) ร่วมกับการเขียนคำสั่งที่แสดงการค้นหา ค่าความเข้มข้นของสารด้วยฟังก์ชัน VLOOKUP เพื่อวางแผนและออกแบบขั้นตอนการเตรียมสารเคมีที่ใช้บันทึกลงในส่วนของการออกแบบรอบที่ 1 ผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนบางส่วนไม่มีพื้นฐานการเขียนผังงาน และการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยเพิ่มรายละเอียดขั้นตอนการเขียนแบบผังงาน และการเขียนคำสั่งลงในใบกิจกรรม

### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกคาดการณ์ข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการออกแบบรอบที่ 1 จากผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวางแผนรอบที่ 2 ได้ เนื่องจากนักเรียนบางกลุ่มไม่เขียน

คำตอบ แต่บางกลุ่มที่เขียนจะมีลักษณะแบบเดียวกันกับการออกแบบรอบที่ 1 ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยจึงทำการปรับให้นักเรียนสร้างชิ้นงานก่อน และทำการทดสอบชิ้นงานเพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยเข้าไปสอบถามแนวคิดในการออกแบบรอบที่ 2 ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง

ในขั้นตอนนี้ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสร้างชิ้นงานตามแผนการที่ออกแบบไว้ ผ่านการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ทำการทดสอบว่าเป็นไปตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนด จากผลการดำเนินการจากการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีปัญหาในการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ส่งผลให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมในขั้นนี้มาก วงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยเพิ่มการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนคำสั่งเงื่อนไข (=IF) ร่วมกับการเขียนคำสั่งที่แสดงการค้นหา ค่าความเข้มข้นของสารด้วยฟังก์ชัน VLOOKUP และช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างชิ้นงานตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนประเมิน 2 ส่วน คือ การใช้โปรแกรม Microsoft Excel และการออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาเรื่อง สารละลาย หากประเมินพบว่าขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ผู้วิจัยชี้แจงให้แต่ละกลุ่มอธิบายกระบวนการปรับแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากแนวคิดเพิ่มเติม จากผลการดำเนินการจากการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อมูลนำเสนอได้แต่ไม่มีการอธิบายให้เหตุผลการปรับแก้ และเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางสะเต็มศึกษาได้ไม่ครบถ้วน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยเพิ่มหัวข้อให้ครอบคลุม และกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยให้เหตุผลสนับสนุน

2. ผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาการเขียน Formula coding ผ่านโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณแบบบันทึกการทำกิจกรรมของนักเรียนสามารถสรุปผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละในทักษะการคิดเชิงคำนวณ และระดับการคิดเชิงคำนวณ

รายการ	ร้อยละของคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ [คะแนน (ร้อยละ)]					
	ทักษะการแบ่ง ย่อยปัญหา (Decomposition)	ทักษะการคิด พิจารณา รูปแบบ (Pattern Recognition)	ทักษะการคิด เชิงนามธรรม (Abstraction)	ทักษะการ ออกแบบ ขั้นตอนวิธี (Algorithms Design)	รวม	ระดับ ทักษะการ คิดเชิง คำนวณ
ก่อนเรียน	54.17	33.33	51.67	0.00	34.79	พอใช้
วงจรที่ 1	57.50	51.67	58.33	38.33	51.46	ค่อนข้างดี
วงจรที่ 2	78.33	66.67	72.50	75.83	73.33	ดี
วงจรที่ 3	83.33	78.33	75.00	83.33	80.00	ดี
หลังเรียน	76.67	66.67	68.33	80.83	73.12	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณ เพิ่มขึ้น ทั้งระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยพบว่านักเรียนมีการพัฒนาของคะแนน และระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 34.79 และหลังเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 73.12 จัดอยู่ในระดับ พอใช้ เป็น ดี เช่นเดียวกับผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการของนักเรียน ที่มีระดับสูงขึ้นไปตั้งแต่วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 มีร้อยละคะแนนเฉลี่ย 51.46 , 73.33 และ 80.00 จัดอยู่ในระดับ ค่อนข้างดี และดี ตามลำดับ

## อภิปรายผล

1. ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เรื่อง สารละลาย มี ประเด็นในการอภิปราย ดังนี้

ขั้น 1 ขั้นยืนยันปัญหา ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกการคิดแก้ปัญหาโดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารละลายในชีวิตประจำวันประเด็นปัญหาที่เป็นผลกระทบของสารเคมีตกค้างในพืชเศรษฐกิจ นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาและแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด (2559) ที่กล่าวว่ากิจกรรมนั้นต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน ผ่านการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อคัดกรองข้อมูล โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้สร้างสูตรการคำนวณที่แสดงแนวโน้มของปัญหาจากข้อมูล แล้วนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างอัลกอริทึม เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนได้อภิปรายพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันแล้ว เพื่อจำแนกข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาออกจากรายละเอียด และการบูรณาการกับสะเต็มนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมได้ สอดคล้องกับ Lou, et al. (2011) พบว่านักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันได้ เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุผล และต้องการสำรวจตรวจสอบ มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม และนักเรียนต้องเข้าใจเกี่ยวกับพิจารณารูปแบบของปัญหา และพิจารณาถึงรายละเอียดของปัญหาที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อการวางแผนในขั้นต่อไป สอดคล้องกับ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ที่กล่าวว่าความคิดแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดของปัญหา โดยการหาความสัมพันธ์ของปัญหา และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ช่วยให้นักเรียนพบวิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นรูปแบบที่นักเรียนแก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบวิธีการโดยใช้การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้เป็นข้อมูลประกอบแก้ปัญหา เริ่มที่นักเรียนเขียนผังงานแสดงขั้นตอนสำหรับนำไปป้อนข้อมูลผ่านการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเขียน Formula coding ด้วยการเขียนคำสั่งเงื่อนไข (=IF) เพื่อหาข้อสรุปในการตัดสินใจ ร่วมกับการเขียนคำสั่งที่แสดงการค้นหาค่าความเข้มข้นของสารด้วยฟังก์ชัน VLOOKUP ส่งผลให้นักเรียนสามารถมองเห็นขั้นตอนในการพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับ Lee, et al. (2019) ที่กล่าวว่าทำให้ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft excel สร้างฟังก์ชันสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ จัดการข้อมูลตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยข้อมูลนั้นจะเป็นค่าของตัวแปรเพื่อให้ได้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับ Estes (2014) ที่กล่าวว่านักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ในหลากหลายสาขาวิชา นักเรียนก็จะสามารถนำความรู้มาออกแบบขั้นตอนวิธี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรวจ ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกคาดการณ์การแก้ปัญหาจากข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นมาวางแผนและออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหา หลังจากที่ทำการสร้าง ทดสอบ โดยนักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเขียน Formula coding การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสม และเตรียมสารละลายรอบแรกแล้วนั้น นักเรียนต้องร่วมวิเคราะห์ปัญหาหรืออุปสรรคที่จะเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Barell (1998) ที่กล่าวว่าลักษณะปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานควรมีลักษณะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเป็นปัญหาที่ยังแก้ไขไม่สำเร็จจำเป็นต้องมีการสืบเสาะแสวงหาคำตอบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ที่มีความหมาย มากที่สุดสำหรับนักเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสร้าง ทดสอบ โดยนักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเขียน Formula coding การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสม และนำมาออกแบบการเตรียมสารเคมีต่อไป นักเรียนร่วมมือกันทำงานเป็นทีมเพื่อแก้ปัญหาที่สามารถนำไปบูรณาการกับสะเต็มศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ อาทิตย์ยา จิตรเอื้อเพื่อ (2563) กล่าวว่าการทำงานเป็นทีมมีความสำคัญต่อการสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงาน เนื่องจากนักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้ของสมาชิกในทีม ในด้านความรู้ แนวคิด เทคนิค วิธีการ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสม โดยอาศัยความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ชั้นประเมิน ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนประเมินการสร้างชิ้นงานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และการออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาเรื่อง สารละลาย ในขั้นก่อนหน้า หากประเมินพบว่าขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ McKenna (2017) กล่าวว่าที่มีการให้นักเรียนได้ปรับปรุงชิ้นงาน หรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นทำให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และพิจารณาปัญหาทำการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข จากนั้นผู้วิจัยนำอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการบูรณาการกับสะเต็มศึกษา

2. ผลการพัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย หลังการจัดการเรียนรู้พบว่าทักษะที่มีร้อยละคะแนนน้อยที่สุด คือ ทักษะการหารูปแบบของปัญหา อยู่ในระดับ ดี มีค่าร้อยละเท่ากับ 66.67 เนื่องจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยที่ใช้ค่อนข้างมีปัญหาเกิดขึ้นในหลายส่วนทั้งในภาพกว้างและองค์ประกอบย่อย ประเด็นปัญหา ได้แก่ ปัญหาปริมาณสารเคมีตกค้าง ปัญหาเศรษฐกิจ ปัญหาสุขภาพ และปัญหาของหุ่นยนต์ตามเป้าหมายของผู้วิจัยนั้นต้องการให้นักเรียนระบุปัญหาของหุ่นยนต์เตรียมความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ ที่จะต้องคิดแก้ปัญหาให้กับทางผู้ว่าจ้าง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนหลายกลุ่มวิเคราะห์ และตีความไปในทิศทางที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง (2559) ที่กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจและชัดเจน เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมาก ซับซ้อน และสื่อความหมายได้ ไม่ตรง โดยครูมีการอธิบายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงข้อมูลสถานการณ์ที่นักเรียนอาจไม่คุ้นชิน นอกจากนี้สอดคล้องกับ ศิริฐ อัมระเข้ม (2563) ที่กล่าวว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เป็น ขั้นตอนและหารูปแบบของปัญหา เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อน และจากผลการจัดการเรียนรู้ที่วิเคราะห์จากแบบบันทึกกิจกรรมระหว่างวงจรถูกปฏิบัติ การพบว่านักเรียนมีระดับการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นหลังเรียนอยู่ในระดับ ดี ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณที่วิเคราะห์จากแบบวัดทักษะ การคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับ ดี เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งดูได้จากนักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณในวงจรถูกปฏิบัติ การที่ 3 สูงขึ้น ค่าร้อยละเท่ากับ 80.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความชำนาญในบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับในการค้นคว้า และเกิดความร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มในระหว่างการเรียน และตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาได้เหมาะสมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al. (2011) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้แก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จ เพราะเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ และสอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ ชาวสุ่มบัว (2558) ที่พบว่า การเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการนำเนื้อหาสาระของแต่ละวิชามาประยุกต์ให้มีความสัมพันธ์กัน จึงช่วยกระตุ้นความคิดและการเชื่อมโยงความรู้ที่อยู่รอบตัวได้ดียิ่งขึ้น และยังสามารถจัดระเบียบให้กลายเป็นองค์ความรู้ ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียน

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยนักเรียนสามารถบูรณาการความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ Formula coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ สถานการณ์ต้องเป็นสถานการณ์ใกล้ตัวนักเรียน และบูรณาการใช้ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ในขั้นการวางแผนสำรอง ควรให้นักเรียนลงมือทำปฏิบัติการก่อน หลังจากที่นักเรียนทำปฏิบัติการแล้ว นักเรียนจะเกิดประสบการณ์ และสามารถนำข้อผิดพลาดที่กลุ่มพบนำมาวางแผนและออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาได้เหมาะสมมากขึ้น

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการนั้น นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาได้มากกว่าหลังเรียน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของกระบวนการกลุ่มที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวแนวคิดสะเต็มศึกษา

### เอกสารอ้างอิง

- ภาสกร เรืองรอง, รุจโรจน์ แก้วอุไร, ศศิธร นาม่วงอ่อน อพัชชา ช่างขวัญยืน และศุภสิทธิ์ เต็งคิ้ว. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย. *วารสารปัญญาทัศน์*, 10(3), 322-330.
- ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง. (2559). What Thai Science Teachers Should Learn From The Programme for International Student Assessment. *วารสารปาริชาติ*, 28(2), 108-137.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับศตวรรษที่ 21*. สำนักพิมพ์จุลติสการพิมพ์.
- ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด. (2559). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงประจักษ์ผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิทยาการโปรแกรมและการประยุกต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. โรงเรียนอนุกุลนารี. [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). *ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัฐ อิมแซม. (2563). ผลของการใช้แพลตฟอร์มที่มีการช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีบุคลิกภาพที่แตกต่างกัน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, 13(1), 45-57.
- ศิริลักษณ์ ชาวกลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมเรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 26(1), 224-236.
- อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ. (2563). การพัฒนาการรู้เพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ผ่านการมีส่วนร่วมชุมชนชนวนกค้ายบูรณาการสะเต็มศึกษาในแหล่งเรียนรู้ท้องถิ่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(2), 302-315.
- Barell, J. (1998). *Problem-Based Learning : An Inquiry Approach*. skylight training publishing inc.
- Bebras.org. (2023, Aprill 1). *Statistics*. <https://www.bebas.org/statistics.html>
- Estes, D. M., Liu, J., Zha, S., and Reedy, K. (2014). Designing for problem-based learning in a collaborative STEM lab: A case study. *TechTrends*, 58(8), 90-98. <https://doi.org/10.1007/s11528-014-0808-8>
- Kemmis, S., and McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Deakin University Press.
- Lee, S. J., Lee, M., Park, Y. S. (2019). A Study on an Educational Model for Computational Thinking Development with Excel Program. *Journal of Digital Contents Society*, 20(1), 65-74.
- Ling, L. U., Saibin, C. T., Naharu, N., Labadin, J., and Aziz, A. N. (2018). An evaluation tool to measure computational thinking skills: Pilot investigation. In Herald NAMSCA (Ed.), *ICOTAL 2018*. (pp. 606-614). University of Technology MARA.

- Lou, S.J., Shih, R. C., DieZ, C., and Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 10798(21), 195-215.
- Matsumoto, P. S., and Cao, J. (2017). The Development of Computational Thinking in a High School Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1217-1224.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00973>
- McKenna, J. (2017). *Computational thinking in STEM classroom*.  
<https://robomatter.com/blog-ct-in-stem-classroom/>
- Rodriguez, B.R. (2015). *Assessing computational thinking in computer science unplugged activities*. Cororado School of Mines.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, .K., Jona, K., Trouille, L., and Wilensky, .U. (2014). *Defining Computational thinking for Science, Technology, Engineering, and Math*.  
[https://ccl.northwestern.edu/2014/CT-STEM\\_AERA\\_2014.pdf](https://ccl.northwestern.edu/2014/CT-STEM_AERA_2014.pdf)