การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ดำรงฤทธิ์ คุณสิน

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2564

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจน ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดร.อาทร นกแก้ว อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และนางสาวนุตประวีณ์ ทัศนสุวรรณ ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่ประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้า จนทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู บุคลากรทางการศึกษาและนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูล

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้ค้นคว้าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

ดำรงฤทธิ์ คุณสิน

ชื่อเรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
ผู้วิจัย ดำรงฤทธิ์ คุณสิน
ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ
ประเภทสารนิพนธ์ การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
คำสำคัญ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model การเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง วงจรไฟฟ้า

บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า และศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กในจังหวัดพิจิตร จำนวน 18 คน โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง แบบสะท้อนการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลแบบสามเส้าด้านวิธีการและแหล่งข้อมูล พบว่า แนวทาง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่อง วงจรไฟฟ้า มี 4 ขั้นตอน คือ 1) แยกประเด็นปัญหาต่างๆ จากสถานการณ์หลัก เป็นการเลือกใช้ภาพสถานการณ์จำลองที่ครอบคลุมปัญหาวงจรไฟฟ้าจากหลายสาเหตุสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง 2) ระบุความคล้ายกันของแต่ละปัญหา เป็นการสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหาเพื่อใช้ในการระบุรูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาวงจรไฟฟ้าที่กำหนด 3) ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง เป็นการใช้กิจกรรมกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และ 4) วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน เป็นการเตรียมความพร้อมการเขียนผังงาน การออกแบบผังงาน และเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งด้วย Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit เพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาจากสถานการณ์วงจรไฟฟ้าตามผังงานที่ได้ออกแบบ นอกจากนี้พบว่าระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งที่อยู่ในระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้เช่นเดียวกัน

Title	DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL THINKING SKILLS ON THE TOPIC OF ELECTRIC CIRCUITS TROUGH CICP MODEL WITH BLOCK-BASED PROGRAMMING FOR GRADE 6 STUDENTS
Authors	Damrongrit Koonsin
Advisor	Assistant Professor Sureeporn Sawangmek, Ed.D.
Academic Paper	Independent Study M.A. in Science Education, Naresuan University, 2020
Keywords	Computational Thinking Skills, Learning Management using CICP model, Block-based Programming, electric circuits

ABSTRACT

This action research aimed to developing computational thinking skills on the topic of electric circuits and study the results of the development of computational thinking skills on electrical circuits using the CICP model with block-based programming. The study participants were 18 Grade 6 students, a small school in the Phichit province, in the second semester of the academic year 2020. The research tools consisted of lessons plans, reflective journals, activity sheets of electric circuits and an assessment form of computational thinking skills. The research was carried out by using 3-cycle research processes. This research used content analysis with method triangulation and resource triangulation for credibility of data. The results showed that there were 4 steps: 1) crack the big issue is using of selected pictures about situation of electrical circuits problem and analyzing problems from the situation, 2) identify the similarities is being clear about different between main problem and problem trend to identify patterns and similarity of electric circuits problem, 3) compress the data is using learning group to collaborate of compress the data form electric circuits problem, and 4) planning the step by step instruction is the preparation for writing of flowcharts, creating of flowcharts, and write a block-based programming according to the designed flowchart through the Microsoft MakeCode for micro:bit to create work pieces for solving situations of electric circuits problem. In addition, it was found that the level of computational thinking skills during the learning activities corresponding to the level of computational thinking skills after using the CICP model with block-based programming with the average of computational thinking skills level was level 4: near transfer.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย	2
	คำถามวิจัย	2
	ขอบเขตของงานวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	6
	หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	7
	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ	27
	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	38
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	47
	ผู้เข้าร่วมวิจัย	47
	ครูผู้ร่วมสังเกตการณ์	48
	แบบแผนวิจัย	48
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	49
	การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย	52
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	62
	การวิเคราะห์ข้อมูล	66
	ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ	69

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 ผลการวิจัย 70

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 71

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 87

5 บทสรุป 154

สรุปผลการวิจัย 154

อภิปรายผลการวิจัย 156

ข้อเสนอแนะ 161

บรรณานุกรม 162

ภาคผนวก 166

ประวัติผู้วิจัย 259

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงมาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต..... 9
2 แสดงมาตฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร..... 11
3 แสดงมาตฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน..... 12
4 แสดงมาตฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงานไฟฟ้า..... 13
5 แสดงมาตฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบดวงดาว และเทคโนโลยีอวกาศ..... 15
6 แสดงมาตฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบของโลก ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ..... 16
7 แสดงมาตฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบ..... 21
8 แสดงโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ 6 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6..... 26
9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดเชิงคำนวณและระดับพฤติกรรมบลูม..... 30
10 แสดงระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ 6 ระดับ..... 34
11 แสดงแนวทางการวัดและประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วย App Inventor..... 36
12 แสดง CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง..... 42
13 แสดงความสัมพันธ์คำถามวิจัยผู้ใช้ข้อมูลเครื่องมือวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 51
14 แสดงรายละเอียดชื่อแผนการเรียนรู้ 55
15 แสดงระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแปลความ..... 59
16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย..... 65
17 แสดงระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแยกตามองค์ประกอบ
ของทักษะการคิดเชิงคำนวณ..... 67
18 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้..... 83
19 แสดงผลการเปรียบเทียบภาพรวมของทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน..... 150

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 แสดงแผนผังห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6..... 70
2 แสดงแผนผังห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์..... 71
3 แสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณใน 3 วงจร..... 88
4 แสดงแสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณวงจรที่ 1 - 3..... 88
5 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 91
6 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 91
7 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 93
8 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 94
9 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 96
10 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 96
11 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 1.2..... 97
12 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 98
13 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 98
14 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะการคิด
เชิงคำนวณในระดับ 2 และไม่ระบุสถานการณ์ในแบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 99
15 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

16 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำ นวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 101

17 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 101

18 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 103

19 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 104

20 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 104

21 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 2.1..... 105

22 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 106

23 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 107

24 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 108

25 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 109

26 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 109

27 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 111

28 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 112

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

29 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 3.1..... 112
30 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2..... 115
31 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2..... 116
32 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 1 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2..... 116
33 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การต่อวงจรไฟฟ้า
ในแบบจำลองตามกิจกรรม 4.4..... 117
34 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การเขียนโปรแกรม
Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณ ระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4..... 117
35 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การเขียนโปรแกรม
Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณ ระดับ 2 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4..... 118
36 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2..... 120
37 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2..... 121
38 แสดงการต่อชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้า
ในแบบจำลองตามกิจกรรม 4.4..... 121
39 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม
Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะ
การคิดเชิงคำนวณ ระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4..... 122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

40 แสดงชิ้นงานแบบจำลองของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 122

41 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 123

42 แสดงชิ้นงานแบบจำลองของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 123

43 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2 126

44 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 แบบบันทึกกิจกรรม 4.2 127

45 แสดงการต่อชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลองตามกิจกรรม 4.4 127

46 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 6 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 128

47 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 5 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 128

48 แสดงชิ้นงานแบบจำลองของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 4 แบบบันทึกกิจกรรม 4.4 129

49 แสดงระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 130

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

50 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ข้อที่ 1..... 134
51 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ข้อที่ 1..... 135
52 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ข้อที่ 1..... 135
53 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ข้อที่ 1..... 136
54 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ข้อที่ 2.1..... 137
55 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ข้อที่ 2.1..... 137
56 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ข้อที่ 2.1..... 138
57 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ข้อที่ 2.1..... 139
58 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ข้อที่ 3.1..... 140
59 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ข้อที่ 3.1..... 141
60 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ข้อที่ 3.1..... 141
61 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ข้อที่ 3.1..... 142
62 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ข้อที่ 5..... 145
63 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ข้อที่ 5..... 146

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

64 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลองของนักเรียน ข้อที่ 6..... 146

65 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 6 ข้อที่ 7..... 147

66 แสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยของนักเรียน ระดับ 4 ข้อที่ 7 148

67 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยของนักเรียน ระดับ 4 ข้อที่ 7 149

68 แสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณจากการวิจัย..... 151

69 แสดงตัวอย่างผลงานการออกแบบผังงานในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของนักเรียน... 152

70 แสดงตัวอย่างผลงานการเขียนคำสั่งของนักเรียนจากการดำเนินการวิจัย..... 152

71 แสดงตัวอย่างการสร้างชิ้นงานของนักเรียนจากการดำเนินการวิจัย..... 153

72 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีระดับการถ่ายดอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 6 ถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์..... 159

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking Skills:CT) เป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหาและการแก้ปัญหาที่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการประมวลผลข้อมูลผ่านกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Wing, 2010) โดยพบ การใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในชีวิตประจำวันนำไปถึงมีการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในปัญหาที่มีความซับซ้อน เช่น การใช้ App Inventor ที่มีการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับออกแบบและนำมาเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งตามที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชยการ คีรีรัตน์, 2562, Patton, E. W., Tissenbaum, M., & Harunani, F., 2019)

จะเห็นได้ว่าประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาความรู้ ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งเป็นทักษะที่ทุกคนต้องใช้ในช่วงการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคดิจิทัล (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561, น. 112) ดังนั้นในการปรับปรุงตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงมีการกำหนดสาระการเรียนรู้ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และเพิ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยีซึ่งมีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงด้วยทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งในระดับการศึกษาภาคบังคับต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้สามารถเลือกข้อมูลเพื่อใช้เหตุผลแก้ปัญหาด้วยทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของทุกอาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

อย่างไรก็ตามพบว่าในผลการประเมินความสามารถในการแข่งขันของไทยในเวทีโลก สถาบันการจัดการนานาชาติ หรือ IMD ปี2561 จัดลำดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของไทยในเวทีโลกจาก 63 เขตเศรษฐกิจ จากปี 2560 ไทยได้ลำดับที่ 54 และปี 2561 ไทยได้ลำดับ 56 ซึ่งลดลง 2 ลำดับ สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาของนักเรียนที่ไม่สามารถนำองค์ความรู้และทักษะคิดเชิงคำนวณไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561) สอดคล้องกับ การทดสอบทางการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของโรงเรียนของผู้วิจัย ในเรื่องวงจรไฟฟ้า มีผลคะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียน 32.43 ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศที่มี

ค่าเฉลี่ย 33.42 สอดคล้องกับผลการศึกษาสภาพปัญหาเบื้องต้นของผู้วิจัย ที่ได้สังเกตพฤติกรรมเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าในการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์นักเรียนเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในเบื้องต้นได้ แต่นักเรียนไม่สามารถบอกขั้นตอนของการตรวจสอบปัญหา และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้ เนื่องจาก วงจรไฟฟ้าเป็นเนื้อหาที่เห็นเป็นรูปธรรมได้ยาก และในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยไม่มีการเชื่อมโยงปัญหาที่พบชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังขาดการฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจนสร้างชิ้นงานให้ประสบความสำเร็จ

จากการศึกษารูปแบบของการจัดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณพบว่า การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model ของ Maryam, S., Azman, S., Arsat, M., & Mohamed, H. (2017) ที่ประกอบด้วยการแยกประเด็นปัญหาต่างๆ จากสถานการณ์หลัก (Crack the big issue) การระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) การลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) และการวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) สามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rozali, N. F., Zaid, N. M., Noor, N. M., & Ibrahim, N. H. (2018) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model มีขั้นตอนที่อธิบายถึงกระบวนการแก้ปัญหาในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ครบทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) นอกจากนี้ยังพบว่าการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อสั่งการบอร์ด micro:bit ในการ สร้างชิ้นงานทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณให้เกิดกับผู้ใช้งานได้เนื่องจากต้องใช้ทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานให้จนประสบความสำเร็จตามที่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้า (มาโนชญ์ แสงศิริ 2561; ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล 2561)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าภายหลังการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำถามวิจัย

1. แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรเป็นอย่างไร

2. การเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้หรือไม่ อย่างไร

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 4 ด้าน คือ ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ขอบเขตด้านเวลา ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตรประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 18 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง จากการศึกษาปัญหาการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าที่เป็นเรื่องยากต่อการเข้าใจ และเมื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเบื้องต้นพบว่านักเรียนไม่สามารถแยกปัญหาและลำดับขั้นตอนในการทำงานให้สำเร็จตามกำหนดได้

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหา วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้า สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งแบ่งเป็น 3 เรื่อง ได้แก่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าอนุกรม และวงจรไฟฟ้าขนาน

3. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้า

3.2 ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า

4. ขอบเขตด้านเวลา

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) หมายถึง การวิเคราะห์เพื่อใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ คือ

1.1 การแยกส่วนประกอบหรือการย่อยปัญหา (Decomposition) คือ การพิจารณาและแบ่งปัญหาวงจรไฟฟ้าออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหา และอธิบายในเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ที่พบในชีวิตประจำวัน

1.2 การหารูปแบบของปัญหา (Pattern recognition) คือ การพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาและอธิบายในเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวัน

1.3 การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ การพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาวงจรไฟฟ้าในเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญเพื่อใช้อธิบายปัญหาวงจรไฟฟ้าในสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน

1.4 การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ การออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาในเรื่อง วงจรไฟฟ้าโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจนสามารถนำมาเขียนบล็อกคำสั่งในโปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ Micro:bit เพื่อออกแบบบล็อกคำสั่งควบคุมชิ้นงานแบบจำลองได้แก่ หลอดไฟโรงรถอัตโนมัติ ไฟติดผนังอัตโนมัติ ไฟประดับรั้วโรงเรียน และใช้อธิบายการนำความรู้ไปใช้เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่จากชิ้นงานวงจรไฟฟ้าเดิมที่สร้างขึ้น

2. โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง หมายถึง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีภาษาของโปรแกรมเป็นลักษณะบล็อก (Visual block programming languages) เรียกว่า Blockly ทำการเขียนโค้ด (Coding) ด้วยการลากบล็อกของชุดคำสั่งที่ถูกกำหนดตัวแปร และจัดกลุ่มข้อมูลมาต่อกันตามผังงานที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้โปรแกรมที่เขียนโค้ดทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit ในการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อให้ชิ้นงานทำงานได้อัตโนมัติตามที่ได้ออกแบบไว้ และเป็นการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3. CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง หมายถึง การนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ CICP model ปรับปรุงจาก (Marym et al., 2017) ซึ่งประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ และแยกประเด็นปัญหาเพื่อเขียนภาพวงจรไฟฟ้าอธิบายการใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน(Planning the step-by-step instruction) นักเรียนออกแบบผังงานอย่างเป็นขั้นตอน และเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit เพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าภายในชิ้นงานแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยใช้บอร์ด micro:bit

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ และยกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วย CICP model ร่วมกับการเรียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
    - 1.1 ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 1.2 เนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์
    - 1.3 สาระการเรียนและมาตรฐานการเรียนรู้
    - 1.4 คุณภาพของนักเรียน
    - 1.5 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง
    - 1.6 คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา
2. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking)
    - 2.1 จุดเริ่มต้นของทักษะการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.2 ความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.3 หลักการ แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.5 แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณ
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
    - 3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model
    - 3.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model
    - 3.3 โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
    - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.1 ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติโดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกตสำรวจตรวจสอบและการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำผลมาจัดระบบหลักการแนวคิด ทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุดนั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.2 เนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี เป็นเนื้อหาที่พัฒนาและปรับปรุงมาจากกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยมี 2 เนื้อหาได้แก่

1. การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สาระการเรียนและมาตรฐานการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศการถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน

ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.4 คุณภาพของนักเรียน

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ครูผู้สอนต้องสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้สามารถเลือกใช้ข้อมูลในการให้เหตุผลในการแก้ปัญหาด้วยทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของทุกอาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งเป็นการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยทักษะของประชากรในศตวรรษที่ 21 ที่ทั่วโลกต่างต้องเผชิญกับความท้าย เพื่อมุ่งพัฒนาประเทศไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมยุค 4.0 นโยบาย Coding เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เยาวชนไทย มีทักษะการดำรงชีวิตรอบด้าน (กัลยา โสภณพณิช, 2562)

1.5 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เสนอไว้ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลางและเวลาเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับมาตรฐานตัวชี้วัด และการประเมินผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กันรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มีการกำหนดรหัสตัวชี้วัดดังตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 1.2 ป 6/1	1. ระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทาน	- สารอาหารที่อยู่ในอาหารมี 6 ประเภท ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน น้ำ
ว 1.2 ป 6/2	2. บอกแนวทางในการเลือกรับประทานอาหารให้ได้สารอาหารครบถ้วนในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพ	- อาหารแต่ละชนิดประกอบด้วยสารอาหารที่แตกต่างกัน อาหารบางอย่างประกอบด้วยสารอาหารประเภทเดียว อาหารบางอย่างประกอบด้วยสารอาหารมากกว่าหนึ่งประเภท
ว 1.2 ป 6/3	3. ตระหนักถึงความสำคัญของสารอาหาร โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพ	- สารอาหารแต่ละประเภทมีประโยชน์ต่อร่างกายแตกต่างกัน โดยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ส่วนเกลือแร่ วิตามิน และน้ำ เป็นสารอาหารที่ไม่ให้
ว 1.2 ป 6/4	4. สร้างแบบจำลองระบบย่อยอาหารและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะใน	

ตาราง 1 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 1.2 ป 6/5	ระบบย่อยอาหาร รวมทั้งอธิบายการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร 5. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบย่อยอาหาร โดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบย่อยอาหารให้ทำงานเป็นปกติ	- ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ดูดน้ำและเกลือแร่ เป็นบริเวณที่มีอาหารที่ย่อยไม่ได้ หรือย่อยไม่หมด เป็นกากอาหาร ซึ่งจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก - อวัยวะต่างๆ ในระบบย่อยอาหารมีความสำคัญ จึงควรปฏิบัติตนดูแลรักษาอวัยวะให้ทำงานเป็นปกติ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีการกำหนดรหัสตัวชี้วัดดังตาราง 2

ตาราง 2 มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 2.1 ป 6/1	1. อธิบาย และเปรียบเทียบ การแยกสารผสม โดยการหยิบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดึงดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งระบุวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร	- สารผสมประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน เช่น น้ำมันผสมน้ำ ข้าวสารปนกรวดทราย วิธีการที่เหมาะสมในการแยกสารผสมขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของสารที่ผสมกันถ้าองค์ประกอบของสารผสมเป็นของแข็งกับของแข็งที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจใช้วิธีการหยิบออกหรือการร่อนผ่านวัสดุ ที่มีรู ถ้ามีสารใดสารหนึ่งเป็น

ตาราง 2 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		สารแม่เหล็กอาจใช้วิธี การใช้แม่เหล็กดึงดูดถ้าองค์ประกอบเป็นของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวอาจใช้วิธีการรินออก การกรอง หรือการตกตะกอน ซึ่งวิธีการแยกสารสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ดังตาราง 3

ตาราง 3 มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 2.2 ป 6/1	1. อธิบายการเกิดและผลของแรงไฟฟ้าซึ่งเกิดจากวัตถุที่ผ่านการขัดถูโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- วัตถุ 2 ชนิดที่ผ่านการขัดถูแล้วเมื่อนำเข้าใกล้กัน อาจดึงดูดหรือผลักกัน แรงที่เกิดขึ้นนี้เป็นแรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงไม่สัมผัส เกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน ชนิดตรงข้ามกันดึงดูดกัน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน

ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ดังตาราง 4

ตาราง 4 มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลง และการถ่ายโอนพลังงาน

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 2.3 ป 6/1	1. ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า อย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้าทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน เครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น - เมื่อนำเซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์มาต่อเรียงกัน โดยให้ขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าเหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่นการต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย - การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม เมื่อถอดหลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออกทำให้หลอดไฟฟ้าที่เหลือดับ
ว 2.3 ป 6/2	2. เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	
ว 2.3 ป 6/3	3. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายวิธีการและผลของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม	
ว 2.3 ป 6/4	4. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	
ว 2.3 ป 6/5	5. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	
ว 2.3 ป 6/6	6. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	

ตาราง 4 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 2.3 ป 6/7	7. อธิบายการเกิดเงามืดเงามัวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	ทั้งหมด ส่วนการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน เมื่อถอดลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออก หลอดไฟฟ้าที่เหลือก็ยังสว่างได้ การต่อหลอดไฟฟ้าแต่ละแบบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าหลายดวงในบ้านจึงต้องต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานเพื่อเลือกใช้หลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งได้ตามต้องการ - เมื่อนำวัตถุทึบแสงมากั้นแสงจะเกิดเงาบนฉากรับแสงที่อยู่ด้านหลังวัตถุ โดยเงามีรูปร่างคล้ายวัตถุที่ทำให้เกิดเงา เงามัวเป็นบริเวณที่มีแสงบางส่วนตกลงบนฉาก ส่วนเงามืดเป็นบริเวณที่ไม่มีแสงตกลงบนฉาก
ว 2.3 ป 6/8	8. เขียนแผนภาพรังสีของแสงแสดงการเกิดเงามืดเงามัว	

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ ที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ ดังตาราง 5

ตาราง 5 มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของ เอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 3.1 ป 6/1	1. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดและเปรียบเทียบปรากฏการณ์สุริยุปราคา และจันทรุปราคา	- เมื่อโลกและดวงจันทร์ โคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสม ทำให้ดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์ เงาของดวงจันทร์ทอดมายังโลก ผู้สังเกตที่อยู่บริเวณเงาจะมองเห็นดวงอาทิตย์มืดไป เกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคา ซึ่งมีทั้งสุริยุปราคาเต็มดวง สุริยุปราคาบางส่วน และสุริยุปราคาวงแหวน หากดวงจันทร์และโลกโคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับ ดวงอาทิตย์ แล้วดวงจันทร์เคลื่อนที่ผ่านเงาของโลก จะมองเห็นดวงจันทร์มืดไป เกิดปรากฏการณ์จันทรุปราคา ซึ่งมีทั้งจันทรุปราคาเต็มดวง และจันทรุปราคาบางส่วน - เทคโนโลยีอวกาศเริ่มจากความต้องการของมนุษย์ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าโดยใช้ตาเปล่า กล้องโทรทรรศน์ และได้พัฒนาไปสู่การขนส่งเพื่อสำรวจอวกาศด้วยจรวดและยานขนส่งอวกาศ และยังคงพัฒนา อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีอวกาศบางประเภทมาประยุกต์ใช้
ว 3.1 ป 6/2	1. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดและเปรียบเทียบปรากฏการณ์สุริยุปราคา และจันทรุปราคา 2. อธิบายพัฒนาการของเทคโนโลยีอวกาศ และยกตัวอย่างการนำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากข้อมูลที่รวบรวมได้	

ตาราง 5 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร การพยากรณ์อากาศ หรือการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การใช้อุปกรณ์วัดชีพจรและการเต้นของหัวใจ หมวกนิรภัย ชุดกีฬา

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลม ฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังตาราง 6

ตาราง 6 มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 3.2 ป 6/1	1. เปรียบเทียบกระบวนการเกิดหินอัคนี หินตะกอน และหินแปรและอธิบายวัฏจักรหินจากแบบจำลอง	- หินเป็นวัสดุแข็งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ประกอบ ด้วยแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป สามารถจำแนกหินตามกระบวนการเกิดได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร - หินอัคนีเกิดจากการเย็นตัวของแมกมา เนื้อหิน มีลักษณะเป็นผลึกทั้งผลึกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		บางชนิดอาจเป็นเนื้อแก้ว หรือมีรูพรุน - หินตะกอน เกิดจากการทับถมของตะกอนเมื่อถูกแรงกดทับและมีสารเชื่อมประสาน จึงเกิดเป็นหิน เนื้อหินกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดตะกอน มีทั้งเนื้อหยาบและเนื้อละเอียด บางชนิดเป็นเนื้อผลึกที่ยึดเกาะกันเกิดจากการตกผลึกหรือตกตะกอนจากน้ำโดยเฉพาะน้ำ บางชนิดมีลักษณะเป็นชั้นๆ จึงเรียกอีกชื่อว่าหินชั้น - หินแปร เกิดจากการแปรสภาพของหินเดิมซึ่งอาจเป็นหินอัคนี หินตะกอน หรือหินแปร โดยการกระทำของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาเคมี เนื้อหินของหินแปรบางชนิดผลึกของแร่เรียงตัวขนานกัน เป็นแถบ บางชนิดแซะออกเป็นแผ่นได้ บางชนิด เป็นเนื้อผลึกที่มีความแข็งมาก
ว 3.2 ป 6/2	2. บรรยายและยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของหินและแร่ในชีวิตประจำวันจากข้อมูล ที่รวบรวมได้	- หินในธรรมชาติทั้ง ประเภทมีการเปลี่ยนแปลงจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง หรือประเภทเดิมได้ โดยมีแบบรูปการเปลี่ยนแปลงคงที่และต่อเนื่องเป็นวัฏจักรหินและแร่แต่ละชนิดมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		มนุษย์ใช้ประโยชน์จากแร่ในชีวิตประจำวัน ในลักษณะต่างๆ เช่น นำแร่มาทำเครื่องสำอาง ยาสีฟัน เครื่องประดับ อุปกรณ์ทางการแพทย์ และนำหินมาใช้ในงานก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น
ว 3.2 ป 6/3	3. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิด ซากดึกดำบรรพ์และคาดคะเนสภาพแวดล้อมในอดีตของซากดึกดำบรรพ์	- ซากดึกดำบรรพ์เกิดจากการทับถม หรือการประทับรอยของสิ่งมีชีวิตในอดีต จนเกิดเป็นโครงสร้างของซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในหิน ในประเทศไทยพบซากดึกดำบรรพ์ที่หลากหลาย เช่น พืช ปะการัง หอย ปลา เต่า ไดโนเสาร์ และรอยตีนสัตว์ - ซากดึกดำบรรพ์สามารถใช้เป็นหลักฐานหนึ่งที่ช่วยอธิบายสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในอดีตขณะเกิดสิ่งมีชีวิตนั้น เช่น หากพบซากดึกดำบรรพ์ของ หอยน้ำจืด สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นอาจเคยเป็นแหล่งน้ำจืดมาก่อน และหากพบซากดึกดำบรรพ์ของพืช สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นอาจเคยเป็นป่ามาก่อน นอกจากนี้ซากดึกดำบรรพ์ยังสามารถใช้ระบุอายุของหิน และเป็นข้อมูลในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 3.2 ป 6/4	4. เปรียบเทียบการเกิดลมบก ลมทะเล และมรสุม รวมทั้งอธิบายผลที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากแบบจำลอง	- ลมบก ลมทะเล และมรสุม เกิดจากพื้นดินและ พื้นน้ำร้อนและเย็นไม่เท่ากันทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำแตกต่างกัน จึงเกิด การเคลื่อนที่ของอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง
ว 3.2 ป 6/5	5. อธิบายผลของมรสุมต่อการเกิดฤดูของประเทศไทย จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ลมบกและลมทะเลเป็นลมประจำถิ่นที่พบบริเวณชายฝั่ง โดยลมบกเกิดในเวลากลางคืน ทำให้มีลมพัดจากชายฝั่งไปสู่ทะเล ส่วนลมทะเลเกิดในเวลากลางวัน ทำให้มีลมพัดจากทะเลเข้าสู่ชายฝั่ง - มรสุมเป็นลมประจำฤดูเกิดบริเวณเขตร้อนของโลก ซึ่งเป็นบริเวณกว้างระดับภูมิภาค ประเทศไทยได้รับผลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงประมาณกลางเดือนตุลาคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ทำให้เกิด ฤดูหนาว และได้รับผลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงกลางเดือนตุลาคม ทำให้เกิดฤดูฝน ส่วนช่วงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเปลี่ยนมรสุมและประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร แสงอาทิตย์

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 3.2 ป 6/6	6. บรรยายลักษณะและผลกระทบของ น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ	เกือบตั้งตรงและตั้งตรงประเทศไทยในเวลาเที่ยงวันทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ อากาศจึงร้อนอบอ้าวทำให้เกิดฤดูร้อน - น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว และสึนามิ มีผลกระทบต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน - มนุษย์ควรเรียนรู้วิธีปฏิบัติตนให้ปลอดภัย เช่น ติดตามข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ เตรียมถุงยังชีพ ให้พร้อมใช้ตลอดเวลา และปฏิบัติตามคำสั่งของผู้ปกครองและเจ้าหน้าที่อย่างเคร่งครัดเมื่อเกิดภัยทางธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย - ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลก กักเก็บความร้อนแล้ว คายความร้อนบางส่วนกลับสู่ผิวโลก ทำให้อากาศ บนโลกมีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต - หากปรากฏการณ์เรือนกระจกรุนแรงมากขึ้น จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก มนุษย์ จึงควรร่วมกันลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก
ว 3.2 ป 6/7	7. ตระหนักถึงผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย โดยนำเสนอแนวทางในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัยที่อาจเกิดในท้องถิ่น	
ว 3.2 ป 6/8	8. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและผลของปรากฏการณ์เรือนกระจกต่อสิ่งมีชีวิต	
ว 3.2 ป 6/9	9. ตระหนักถึงผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจกโดยนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนเพื่อลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก	

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม ดังตาราง 7

ตาราง 7 มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 4.2 ป 6/1	1. ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน	- การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การใช้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นการนำกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่ครอบคลุมทุกกรณีมาใช้พิจารณาในการแก้ปัญหา - แนวคิดของการทำงานแบบวนซ้ำและเงื่อนไข - การพิจารณากระบวนการทำงานที่มีการทำงานแบบวนซ้ำ หรือเงื่อนไขเป็นวิธีการที่จะช่วยให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ - ตัวอย่างปัญหา เช่น การค้นหาเลขหน้าที่ต้องการให้เร็วที่สุด, การทายเลข1 – 1,000,000 โดยตอบให้ถูกภายใน 20 คำถาม, การคำนวณเวลาในการเดินทาง โดยคำนึงถึงระยะทาง เวลา จุดหยุดพัก

ตาราง 7 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การออกแบบโปรแกรมสามารถทำได้โดยเขียน เป็นข้อความ หรือผังงาน - การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีการใช้ตัวแปร การวนซ้ำ การตรวจสอบเงื่อนไข ข้อผิดพลาดโดยตรวจสอบการทำงาน ทีละคำสั่ง เมื่อพบจุดที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง - การฝึกตรวจหาข้อผิดพลาดจากโปรแกรมของผู้อื่นจะช่วยพัฒนาทักษะการหาสาเหตุของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น
ว 4.2 ป 6/2	2. ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมและแก้ไข	- ตัวอย่างปัญหา เช่น โปรแกรมเกม โปรแกรมหาค่า ค.ร.น เกมฝึกพิมพ์ - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch, logo - การค้นหาอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการค้นหาข้อมูลที่ได้ตรงตามความต้องการในเวลาที่รวดเร็วจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหลายแหล่งและข้อมูล มีความสอดคล้องกัน – การใช้เทคนิคการค้นหาขั้นสูง เช่น การใช้ ตัวดำเนินการ การระบุรูปแบบของข้อมูล หรือชนิดของไฟล์

ตาราง 7 (ต่อ)

รหัสตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 4.2 ป 6/3	3. ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ	- การจัดลำดับผลลัพธ์จากการค้นหาของโปรแกรมค้นหา - การเรียบเรียง สรุปสาระสำคัญ (บูรณาการกับวิชาภาษาไทย) - อันตรายจากการใช้งานและอาชญากรรม ทางอินเทอร์เน็ต แนวทางในการป้องกัน - วิธีกำหนดรหัสผ่าน - การกำหนดสิทธิ์การใช้งาน (สิทธิ์ในการเข้าถึง) - แนวทางการตรวจสอบและป้องกันมัลแวร์
ว 4.2 ป 6/4	4. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	– อันตรายจากการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต

1.6 คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา

คำอธิบายรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 6 **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

รหัสวิชา ว16101 **เวลา 80 ชั่วโมง / ปี**

.....

ศึกษา วิเคราะห์ สารอาหารประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทาน การเลือกรับประทานอาหารให้ได้สารอาหารครบถ้วนในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพ แบบจำลอง ระบบย่อยอาหาร หน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร การย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร ความสำคัญของระบบย่อยอาหาร การดูแลรักษาอวัยวะในระบบย่อยอาหารให้ทำงานเป็นปกติ การแยกสารผสม โดยการหยิบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดึงดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร การเกิดและผลของแรงไฟฟ้าซึ่งเกิดจากวัตถุที่ผ่านการขัดถู ส่วนประกอบ หน้าที่ของวงจรไฟฟ้าแต่ละส่วนอย่างง่าย แผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าอนุกรมและแบบขนาน การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานด้วยวิธีการที่เหมาะสม ประโยชน์ ข้อจำกัด การเกิดเงามืด เงามัว แผนภาพรังสีของแสงแสดงการเกิดเงามืดเงามัว แบบจำลองปรากฏการณ์สุริยุปราคา และจันทรุปราคา พัฒนาการของเทคโนโลยีอวกาศและการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน กระบวนการเกิดหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร แบบจำลองวัฏจักรหิน การใช้ประโยชน์ของหินและแร่ในชีวิตประจำวัน แบบจำลองการเกิด ซากดึกดำบรรพ์สภาพแวดล้อมในอดีต การเกิดลมบก ลมทะเล และมรสุม จากแบบจำลอง ผลของมรสุมต่อการเกิดฤดูของประเทศไทย ลักษณะและผลกระทบของ น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ ผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ แบบจำลองอธิบายการเกิดและผลของปรากฏการณ์เรือนกระจก กิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก ผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจกลูกเห็บ

ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์ จากปัญหาอย่างง่าย ออกแบบ และเขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์ หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาดและแก้ไขใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้ รวบรวม ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่หลากหลาย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการอภิปรายเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์มีจริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

รหัสตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.2	ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4, ป.6/5
มาตรฐาน ว 2.1	ป.6/1
มาตรฐาน ว 2.2	ป.6/1
มาตรฐาน ว 2.3	ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4, ป.6/5, ป.6/6, ป.6/7, ป.6/8
มาตรฐาน ว 3.1	ป.6/1, ป.6/2
มาตรฐาน ว 3.2	ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4, ป'6/5, ป.6/6, ป.6/7, ป.6/8, ป.6/9
มาตรฐาน ว 4.2	ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4

รวม 30 ตัวชี้วัด

โครงสร้างรายวิชา

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 6 **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

รหัสวิชา ว16101 **เวลา 80 ชั่วโมง / ปี**

ตาราง 8 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ 6 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จำนวน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
สารอาหารและระบบย่อยอาหาร	ว 1.2 ป6/1, ป6/2, ป6/3, ป6/4, ป6/5	10	10
การแยกสาร	ว 2.1 ป6/1	8	10
แรงไฟฟ้า	ว 2.2 ป6/1	4	10
วงจรไฟฟ้า	ว 2.3 ป6/1, ป6/2, ป6/3, ป6/4, ป6/5, ป6/6,ป6/7,ป6/8	12	10
สุริยุปราคา จันทรุปราคาและเทคโนโลยีอวกาศ	ว 3.1 ป6/1, ป6/2	14	10
โลกและการเปลี่ยนแปลง	ว 3.2 ป6/1, ป6/2, ป6/3, ป6/4, ป6/5, ป6/6, ป6/7,ป6/8,ป6/9	18	10
วิทยาการคำนวณ	ว 4.2 ป6/1,ป6/2,ป6/3,ป6/4	14	10
รวม	30	80	70:30 (ปลายภาค) 100

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับ โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งผู้วิจัยเลือกใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้า ซึ่งมีเป้าหมายการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนต้องรู้ส่วนประกอบหน้าที่ของวงจรไฟฟ้าแต่ละส่วนอย่างง่าย แผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าอนุกรมและแบบขนาน และหน่วยการเรียนรู้เรื่อง วิทยาการคำนวณที่มีเป้าหมายว่านักเรียนจะต้องใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์ จากปัญหาอย่างง่าย ออกแบบ และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายโดยใช้ซอฟต์แวร์

2. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking)

2.1 จุดเริ่มต้นของทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ(Computational Thinking) มีจุดเริ่มต้นมาจาก Seymour Papert นักคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ โดยนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาในการเรียนรู้ธรรมชาติของคอมพิวเตอร์ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) ต่อมา Jeanette Wing ได้ขยายแนวคิดและทำให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในชื่อ การคิดเชิงคำนวณ โดยทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการคิดที่พื้นฐานมนุษย์ทุกคนควรมีเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนและเป็นปัญหาโดยทั่วไปในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wing, 2010) มาตรฐานการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวคิดใหม่ (Next Generation Science Standards) ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดทักษะการปฏิบัติงานที่นักเรียนพึงมีในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นหนึ่งทักษะที่นักเรียนต้องมีจากทั้งหมด 8 ทักษะการปฏิบัติงาน (NGSS Lead State, 2013)

ในประเทศไทย มีการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมยุค 4.0 ด้วยการกำหนดนโยบาย Coding ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เยาวชนไทย มีทักษะการดำรงชีวิตรอบด้าน (กัลยา โสภณพณิช, 2562) จากการปรับปรุงตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่มีการกำหนดสาระการเรียนรู้ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และเพิ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยีซึ่งมีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงด้วยทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งในระดับการศึกษาภาคบังคับต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้สามารถเลือกข้อมูลเพื่อใช้เหตุผลแก้ปัญหาด้วยทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของทุกอาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.2 ความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณ

นักการศึกษาจากหน่วยงานต่างๆ ได้ให้ความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้มีรายละเอียดดังนี้

Wing (2006) กล่าวว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหา การออกแบบระบบ และความเข้าใจในการทำงาน โดยใช้กรอบแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์

Wing (2010) ได้ขยายความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณว่าเป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวกับการกำหนดปัญหาและการสร้างวิธีการแก้ปัญหา โดยส่งผลไปสู่ปลายทางที่ทำให้มนุษย์หรือคอมพิวเตอร์สามารแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมาคมครูวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science Teachers Association) และสมาคมเทคโนโลยีการศึกษานานาชาติ (International Society for Technology in Education) ได้สร้างนิยามของทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ว่า เป็นกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งมีลักษณะดังนี้ กำหนดปัญหาโดยสามารถใช้เครื่องมือในการช่วยแก้ปัญหา จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตรรกะ แสดงข้อมูลในเชิงนามธรรม แก้ไขปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน วิเคราะห์เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่เคยใช้ไปสู่ปัญหาอื่นๆ (The International Society for Technology in Education (ISTE) & The Computer Science Teachers Association (CSTA), 2011)

NGSS Lead State (2013) ได้กำหนดความหมายว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือและกรอบแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ในการจัดการปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์

Barefoot (2014) เสนอว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นวิธีการคิดที่ช่วยให้มนุษย์สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาจใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาหรือไม่ก็ได้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้กล่าวว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ไขปัญหาโดยวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดของปัญหา หาความสัมพันธ์ของปัญหา และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นความสามารถในการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอน โดยมีการลำดับขั้นตอนการแก้ไขปัญหาอย่างชัดเจนเพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 องค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณ

นักการศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงคำนวณและได้กำหนดองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณที่มีลักษณะร่วมกันในบางองค์ประกอบที่สำคัญ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

องค์กร Barefoot (2014) แห่งประเทศอังกฤษนาเสนอว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ(Computational thinking) มี 6 องค์ประกอบดังนี้

1) ตรรกะ (Logic) คือ ความสามารถในการใช้ความรู้เชิงเหตุผล

2) ขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการออกแบบชุดคำสั่งหรือลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาในการทำงาน

3) การแยกส่วนย่อยหรือส่วนประกอบของปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการแยกปัญหาหรือระบบออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการกับปัญหา

4) รูปแบบ (Pattern) คือ ความสามารถในการหารูปแบบของวิธีแก้ปัญหาเพื่อคาดการณ์คำตอบ

5) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นส่วนสำคัญหรือรูปแบบทั่วไปของปัญหา โดยไม่สนใจรายละเอียดที่ไม่จำเป็น

6) การประเมินผล (Evaluation) คือ ความสามารถในการติดสินประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา

องค์กร Code.org (2015) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา มีเป้าหมายที่จะนำความรู้วิทยาการทางคอมพิวเตอร์เข้าไปในการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้แบ่งองค์ประกอบที่สำคัญของทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ดังนี้

1) การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decompose) คือ ความสามารถในการแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย

2) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการดึงลักษณะเฉพาะของปัญหาออกและพิจารณารูปทั่วไปของการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายปัญหา

3) ความสัมพันธ์ของรูปแบบ (Pattern Matching) คือ ความสามารถในการสังเกตและค้นหาความเหมือนของสิ่งต่างๆ

4) ขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ ความสามารถในการสร้างชุดขั้นตอนที่ทาให้บรรลุงานหรือปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้

Selby (2015) ได้เสนอองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณ ประกอบด้วย การแยกส่วนปัญหา (Decomposition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การออกแบบขั้นตอนวิธี(Algorithm Design) และการประเมินผล (Evaluation) โดยสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณดังกล่าวกับระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's Taxonomy) ดังตาราง 9

ตาราง 9 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดเชิงคำนวณและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม (Selby, 2015)

องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม
-	ความรู้ความจำ (Knowledge)
-	ความเข้าใจ (Comprehension)
การแยกส่วนปัญหาและการคิดเชิงนามธรรม	การนำไปใช้ (Application)
	การวิเคราะห์ (Analysis)
การออกแบบขั้นตอนวิธี	การสังเคราะห์ (Synthesis)
การประเมินผล	การประเมินผล (Evaluation)

Rodriguez (2015) ได้แบ่งองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ 5 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่

1) การแทนค่าข้อมูล (Data Representation) เป็นการนำข้อมูลมาตรวจสอบและกรอกข้อมูลในแบบฟอร์ม

2) การแยกส่วนย่อย (Decomposition) เป็นการแบ่งข้อมูล วิธีการ หรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อให้จัดการได้ง่ายขึ้น

3) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการสังเกตรูปแบบ แนวโน้ม สามารถค้นหาความเหมือนของชุดข้อมูล

4) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการระบุหลักการทั่วไปที่สามารถสร้างรูปแบบของวิธีแก้ปัญหาได้

5) การคิดขั้นตอนวิธี (Algorithmic Thinking) เป็นการสร้างลำดับขั้นตอนก่อนหลังของวิธีการแก้ปัญหาที่ชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้จัดทำแบบเรียนสำหรับนักเรียนไทยและนำเสนอว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นความสามารถพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาต่างๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยมีลักษณะขององค์ประกอบย่อยที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา(Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms)

2.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้กับนักเรียน โดยมีแนวทางที่สำคัญดังนี้

Matsumoto, P. S., and Cao, J. (2017) พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาเคมีที่โรงเรียนมัธยมศึกษาที่ใช้หลักสูตรมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NGSS) โดยใช้โปรแกรม Excel ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรมจำลองและสร้างแบบจำลอง ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล หลังจากนั้นนักเรียนเขียนรหัสหรือเขียนโปรแกรม ทำการระบุเหตุผลในอัลกอริทึม ดำเนินการหาค่าทางสถิติและความน่าจะเป็น โดยดำเนินการตามวิธีการจัดกิจกรรมของ NGSS ดังนี้ 1. การถามคำถาม 2. การวางแผนและดำเนินการสืบสวน 3. การวิเคราะห์และการตีความข้อมูล 4. การสร้างคำอธิบาย 5. การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน 6. การสื่อสารข้อมูล

Maryam et al. (2017) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และ การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ด้วย CICP model ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) เป็นการพิจารณาปัญหา และระบุปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) เป็นการระบุความคล้ายกันของปัญหาโดยการจัดระเบียบรายการหรือองค์ประกอบของปัญหาที่คล้ายกัน ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่

เกี่ยวข้อง (Compress the data) เป็นการกรองข้อมูลเพื่อลดรายละเอียดของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) เป็นการวางแผนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบขั้นตอนการทำงานในการพัฒนาชิ้นงานตามลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้

Bati, K., YetiŞir, M. I., ÇaliŞkan, I., GüneŞ, G., and Saçan E. G. (2018) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมการสร้างนาฬิกาทรายและนาฬิกาแดดเพื่อวัดเวลาและสำรวจหลักการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสอง และมีการบูรณาการ STEAM ช่วยเพิ่มความรู้และทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นโมดูล (Module) จำนวน 4 โมดูลในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1) เวลา (Measuring time) เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดของเวลาโดยการกระตุ้นและอภิปรายและรวบรวมข้อมูล

2) รอบ (Cycles) ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบและเข้าใจวัฏจักรของระบบสุริยะจักรวาลจากการสร้างอัลกอริทึมของความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์บนท้องฟ้า

3) เวลาในธรรมชาติ (Time in Nature) ให้นักเรียนได้แสดงหลักฐานเกี่ยวกับรอบเวลาในธรรมชาติและตีความผ่านการนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงปีของไม้

4) ช่วงเวลา (Space-Time) กระตุ้นความในใจของนักเรียนโดยการดูสารคดี Beyond the Universe

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาการใช้สะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล เป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้แก้ปัญหา ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ เป็นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ได้รับ ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ระบุเหตุผลเพื่อวางแผนการทำงานจากสถานการณ์ที่ได้รับ ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นการสร้างนวัตกรรมตามแนวทางที่ได้วางแผนและออกแบบไว้ล่วงหน้า ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่สร้างขึ้น ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง เป็นการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาและนวัตกรรมเพื่อต่อยอดชิ้นงานให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล เป็นการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์

ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor ในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในการพัฒนา

โปรแกรมบนอุปกรณ์โมบาย เช่น โทรศัพท์มือถือ ซึ่งนักเรียนจะได้เชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงผ่านการบูรณาการการเรียนรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ใน 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนนรู้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน เป็นการสร้างความสงสัยใคร่รู้ ขั้นที่ 2 จัดการเรียนการสอนแบบแนะนำ เป็นการใช้คำถามนำให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่างครูและเพื่อร่วมชั้น ขั้นที่ 3 ปฏิบัติการอิสระ เป็นการให้คำแนะนำและใช้โจทย์ที่มีการบูรณาการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน ขั้นที่ 4 ทำงานเป็นทีมแบบร่วมมือและทำโครงงาน เป็นการกำหนดให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อบูรณาการความรู้ในชีวิตประจำวันในการสร้างสรรค์ความคิดและใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อเป็นนักพัฒนาโปรแกรมต่อไป

วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ได้จัดการเรียนแบบผสมผสานที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการเขียนโปรแกรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานระหว่างการเรียนในชั้นเรียนปกติ และแบบออนไลน์โดยใช้โดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ของ Code.org และ Scratch ซึ่งมีการใช้โจทย์ปัญหา และกระตุ้นผู้เรียนให้คิดวิเคราะห์ปัญหาอย่าง เป็นขั้นตอนและเป็นระบบ

กล่าวโดยสรุป แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมีหลากหลายรูปแบบดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจและเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ตามแนวทางของ Maryam et al. (2017) ที่เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เช่นเดียวกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ร่วมกับการใช้โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นโปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ตามการจัดการเรียนรู้ของวีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563)

2.5 แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณ

สำหรับแนวทางการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ สามารถจัดทำได้หลายรูปแบบ เช่น การสอบข้อเขียน การวิเคราะห์ชิ้นงาน การสัมภาษณ์ เป็นต้น โดยมีแนวทางการวัดและประเมินผล ดังนี้

Peel, A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P. (2019) ได้ประเมินระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ 6 ระดับ ตามแบบวัดระดับการถ่ายโอนความรู้ของ Haskell (2000) ดังตาราง 10

Bati et al. (2018) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมการสร้างนาฬิกาทรายและนาฬิกาแดดเพื่อวัดเวลาและสำรวจหลักการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองโดยการใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยใช้คำถามปลายเปิด จำนวน 7 คำถาม สัมภาษณ์กลุ่มทดลองและมีการจัดทำแบบทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 10 ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ 6 ระดับ

ระดับของการถ่ายโอน	ลักษณะ	ตัวอย่าง
ระดับ 1 : ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงการเรียนรู้ที่ผ่านมา	การสร้างความรู้ใหม่ตามความรู้เดิม
ระดับ 2 : ถ่ายโอนแบบประยุกต์	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ที่เหมือนกับสิ่งที่ได้เรียนรู้เดิม	หลังจากได้เรียนรู้โปรแกรมแล้วสามารถนำโปรแกรมไปใช้ได้จริง
ระดับ 3 : ถ่ายโอนสู่บริบท	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย	รู้จักใครสักคนที่ร้านค้าและสามารถรู้จักผู้อื่นได้ในบริบทอื่น
ระดับ 4 : ถ่ายโอนแบบใกล้	การใช้ความรู้ที่ได้เรียนถ่ายโอนไปยังสถานการณ์ที่คล้ายกันแต่ไม่เหมือนกันกับสถานการณ์ก่อนหน้านี้	การถ่ายโอนทักษะการคูณเพื่อคำนวณพื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ระดับ 5 : ถ่ายโอนแบบไกล	การใช้การเรียนรู้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกันจากการเรียนรู้ดั้งเดิม มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน	การใช้ความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส อธิบายการเกิดเซลล์มะเร็ง
ระดับ 6 : ถ่ายโอนแบบแทนที่ หรือความคิดสร้างสรรค์	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้มาใช้สร้างนแนวความคิดใหม่ขึ้น	การออกแบบวิธีการทดลองใหม่ตามข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

Note. From "Unplugged design of Algorithmic explanations" by Peel, A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P., 2019 *J Res Sci Teach,* 56, 983-1007. p. 989)

Bati et al. (2018) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมการสร้างนาฬิกาทรายและนาฬิกาแดดเพื่อวัดเวลาและสำรวจหลักการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองโดยการใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยใช้คำถามปลายเปิด จำนวน 7 คำถาม สัมภาษณ์กลุ่มทดลองและมีการจัดทำแบบทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้วัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณที่เป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยจัดทำฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ฉบับละ12 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที โดยมีตัวอย่างข้อสอบดังนี้

นิสาตื่นแต่เช้าและวางแผนจะทากิจกรรมเพื่อสังคม 3 กิจกรรมในสถานที่ 3 แห่ง คือ1) เก็บขยะที่สถานีรถไฟ 2) ร้องเพลงที่บ้านพักคนชรา และ 3) เป็นพยาบาลอาสาที่โรงพยาบาล แต่นึกขึ้นได้ว่าต้องไปซื้ออุปกรณ์ที่ศึกษาภัณฑ์เพื่อนามาทาโครงงานในวันพรุ่งนี้ด้วย นิสาจึงต้องวางแผนการเดินทางจากบ้านออกไปทาทุกอย่างให้กลับมาบ้านทันในเวลา 18.00 น. โดยนิสาเริ่มออกเดินทางจากบ้านเวลา 08.00 น. สมมติว่าการทากิจกรรมเพื่อสังคมในแต่ละสถานที่ท่ากันคือ 2 ชั่วโมงในขณะที่การเลือกซื้ออุปกรณ์ที่ศึกษาภัณฑ์นิสาใช้เวลา 30 นาที และนิสาเลือกทากิจกรรมใดก่อนก็ได้

มีข้อมูลของระยะทางระหว่างสองสถานที่ ดังนี้

ระยะทางจากบ้านถึงสถานีรถไฟ(A) 2.0 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงบ้านพักคนชรา(B) 2.6 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงโรงพยาบาล(C) 1.8 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงศึกษาภัณฑ์(D) 2.8 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ(A) ถึงบ้านพักคนชรา(B) 1.9 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ(A) ถึง โรงพยาบาล(C) 1.7 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ(A) ถึงศึกษาภัณฑ์(D) 1.3 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านพักคนชรา(B) ถึงโรงพยาบาล(C) 3.2 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านพักคนชรา(B) ถึงศึกษาภัณฑ์(D) 2.0 กิโลเมตร

ระยะทางจากโรงพยาบาล(C) ถึงศึกษาภัณฑ์(D) 3.0 กิโลเมตร

กำหนดให้โดยเฉลี่ยแล้วในทุกๆ ระยะทางการเดินทาง 100 เมตร นิสาใช้เวลาในการเดินทาง 2 นาที รวมเวลาที่รถติดแล้ว

ให้นักเรียนช่วยนิสาวางแผนการเดินทางทำกิจกรรม โดยตอบคำถามต่อไปนี้

จงแสดงการคำนวณการใช้เวลาในการทากิจกรรมและเวลาในการเดินทางระหว่างคู่ของสถานที่ ในสถานการณ์ข้างต้น

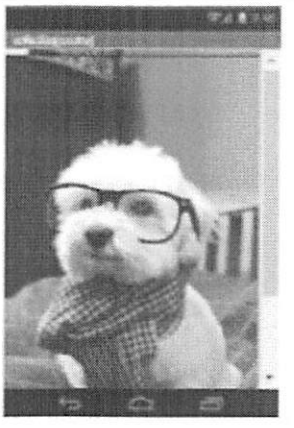
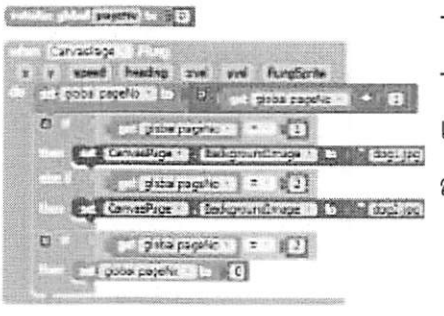
.....

.....

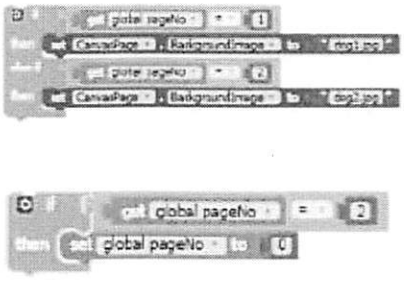
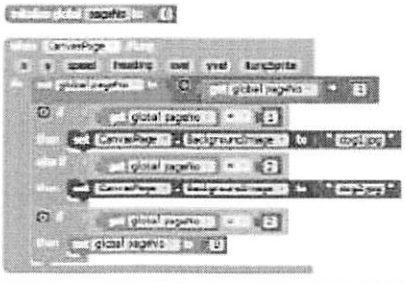
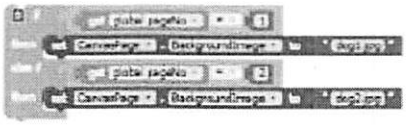
.....

ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor ในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในการพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์โมบาย เช่น โทรศัพท์มือถือ พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเรียนรู้แบบบูรณาการและแก้ปัญหาในรูปแบบชิ้นงาน โดยวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณจากการประเมินชิ้นงานของนักเรียนจากการออกแบบโปรแกรมของนักเรียนใน App Inventor ดังตาราง 11

ตาราง 11 แนวทางการวัดและประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการประเมินชิ้นงานจาก App Inventor

รายการทักษะที่พัฒนา	กิจกรรม/ลักษณะงาน	การออกแบบในโปรแกรม	แนวทางการวัดและประเมินชิ้นงาน
Abstraction	การออกแบบหน้าจอปฏิสัมพันธ์		- การออกแบบองค์ประกอบชิ้นงาน - การออกแบบด้วยสตอรีบอร์ด
Decomposition	ออกแบบการทำงานในแต่ละส่วนย่อย		- การออกแบบผังงาน - การออกแบบการเขียนโปรแกรมแต่ละส่วน

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการทักษะที่พัฒนา	กิจกรรม/ลักษณะงาน	การออกแบบในโปรแกรม	แนวทางการวัดและประเมินชิ้นงาน
Patterns	การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีลักษณะเหมือนๆ กัน		- การนำชุดคำสั่งที่ถูกสร้างมาใช้ใหม่ด้วยการปรับปรุงบางส่วน
Algorithms	ออกแบบขั้นตอนวิธีจัดลำดับขั้นของคำสั่ง		- การออกแบบขั้นตอนวิธีในแต่ละส่วนของโปรแกรมให้สอดคล้องกับความต้องการของโปรแกรม
Logic	ออกแบบเงื่อนไขในโปรแกรม		- การออกแบบโปรแกรมอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับความต้องการ - การออกแบบเงื่อนไขในโปรแกรม - การออกแบบขั้นตอนวิธี
Evaluation	การออกแบบการทดสอบเพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง		- การประเมินเพื่อการตัดสินใจในการทำงานในแต่ละส่วน เช่น หน้าจอ ชุดคำสั่งเงื่อนไขในโปรแกรม เป็นต้น

หมายเหตุ. จาก "การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor" โดยชยการ คีรีรัตน์, 2562, *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.,47(2), น. 31-47

วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ได้จัดการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการเขียนโปรแกรม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

กล่าวโดยสรุป แนวทางการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณมีหลากหลายรูปแบบดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณที่น่าสนใจและเหมาะสมกับการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ด้วยการบูรณาการทักษะการคิดเชิงคำนวณกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาจากแบบบันทึกกิจกรรมซึ่งประกอบไปด้วยผลงานในแบบบันทึกกิจกรรม ภาพบล็อกคำสั่งจากการเขียนโปรแกรม และชิ้นงานที่เกิดจากการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยกำหนดเกณฑ์การตรวจชิ้นงานให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ทั้ง 4 องค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้แก่ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา(Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ตามแนวทาง Peel et al. (2018) เพื่อจัดกลุ่มระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนออกเป็น 6 ระดับ อันได้แก่ ระดับ 1 ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง ระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ระดับ 3 ถ่ายโอนสู่บริบท ระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล และระดับ 6 ถ่ายโอนแบบความคิดสร้างสรรค์

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model

Maryam et al. (2017) ได้ให้ความหมายของ CICP model ไว้ว่า เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาโดยวางกรอบเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงคำนวณซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะการเรียนเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

Rozali et al. (2018) ได้ให้ความหมายของ CICP model ไว้ว่าเป็นกระบวนการคิดที่มีความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนซึ่งสามารถสร้างแนวคิดและทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ง่ายผ่านการแก้ไขปัญหาด้วยการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

กล่าวโดยสรุป CICP model หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบโดยใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณผ่านขั้นตอนการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นของ CICP model เมื่อทำกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model แล้วผู้เรียนจะมีทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา(Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ให้อยู่ในระดับที่ดีขึ้น

3.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model

การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model เป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยนักเรียนจะได้ฝึกทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 ทักษะ (Marym et al., 2017) ผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

เป็นการนำสถานการณ์ต่างๆ มาให้นักเรียนระบุปัญหาจากปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น โรงเรียนประถมแห่งหนึ่งจัดกิจกรรม LINUS ซึ่งเป็นกิจกรรมพัฒนาการรู้หนังสือ (Literacy) และการคำนวณ (Numeracy) ผลจากการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนบางส่วนมีปัญหาในการจดจำตัวเลขตั้งแต่ 1-1,000 โดยการอ่านภาษาบาฮาซามาเลเซีย และภาษาบาฮาซาอิงเกอริสได้ อย่างคล่องแคล่ว ดังนั้นการพิจารณาปัญหาด้านการคำนวณจึงเป็นปัญหาหลัก แต่ยังไม่ใช่ประเด็นปัญหาที่เป็นรูปธรรมดังนั้นเพื่อให้ได้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมนักเรียนจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ในเรื่องการคำนวณ

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

เป็นการระบุความคล้ายคลึงกัน จากปัญหาที่เป็นรูปธรรม โดยทั่วไปปัญหาจำเป็นต้องระบุความคล้ายคลึงกันโดยเกิดจากการจัดระเบียบเป็นรายการหรือองค์ประกอบที่มีความคล้ายคลึงกันภายในกลุ่มของปัญหา ในการจัดการเรียนรู้อาจมีความคล้ายคลึงกันในการให้เหตุผลโดย ครูสัมภาษณ์ และสอบถามนักเรียนจากแบบฟอร์มที่เตรียมไว้ สังเกตแนวโน้มของกระบวนการแก้ปัญหา เช่น เหตุผลบางประการที่อยู่เบื้องหลังปัญหาที่เป็นรูปธรรม คือ ความสนใจสั้นๆ ไม่มีแรงจูงใจในการเรียน ขาดเครื่องมือการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับชั้นเรียน และกลยุทธ์

การเรียนการสอนไม่น่าสนใจ เพื่อให้การระบุประเด็นปัญหาเข้าใจได้ดีขึ้นสามารถนำโปรแกรมประเภทกราฟิก เช่น โปรแกรมวิเคราะห์เชิงฟังก์ชัน โปรแกรมจำแนกข้อมูลเป็นแผนภาพเวนน์ และรายการตรวจสอบภาพ

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

เป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการสำรวจจากการสอบถามนักเรียนซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการแก้ปัญหาและนำข้อมูลที่ไม่สำคัญมากรองข้อมูล จากการลดรายละเอียดของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้แนวคิด ที่ชัดเจนในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น การพัฒนาโปรแกรมนับเสียงปุ่มกดเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการคำนวณและให้นักเรียนสามารถจำตัวเลขตั้งแต่ 1-1,000 ได้นั้น ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาคือ การให้นักเรียนระบายสี หรือวาดภาพฟังก์ชันไฟล์คำสั่งของชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

เป็นการวางแผนโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิกเพื่อสร้างผังงาน แผนภาพต้นไม้ ผังก้างปลา แผนภาพความคิด ซึ่งล้วนเป็นการวางแผนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาชิ้นงานตามลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้ โดยในการอธิบายขั้นตอนนั้นผู้เรียนจะต้องคิดค้นอุปกรณ์ช่วยสอนดังนั้นหลังจากค้นพบปัญหาแล้วจะต้องมีการระบุคำสั่ง กระบวนการต่อไป และมีการออกแบบต้นแบบในขั้นตอนการวางแผน ซึ่งจะต้องระบุ กลุ่มตลาด เป้าหมาย ราคา และความสามารถของชิ้นงานไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทำงานด้วยและสร้างชิ้นงานต้นแบบ

3.3 โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

3.3.1 ความหมายของโปรแกรมแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2561) ได้ให้ความหมายของ โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถแปลไฟล์สคริปต์เป็นไฟล์โปรแกรมภาษา c/c++ ซึ่งเรียกว่าบล็อกเอดิเตอร์ (Block Editor) ที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจะลากวางคำสั่งต่อกันให้ทำงานตามที่ต้องการพร้อมทั้งมีโปรแกรมจำลอง (Simulation) จำลองการทำงานของโปรแกรมด้วย และสามารถส่งข้อมูลควบคุมบอร์ด Micro:Bit ได้ด้วยการเก็บไฟล์ .hex ในไดร์ฟของบอร์ด Micro:Bit

มาโนชญ์ แสงศิริ (2561) ให้ความหมาย โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งว่าเป็นโปรแกรมที่ Google Education ได้พัฒนาขึ้นในชื่อว่า บล็อกลิ (Blockly) ซึ่งเป็นเครื่องมือสร้างบล็อกเสมือนการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโค้ด โดย บล็อกลิ มีความสามารถในการส่งภาษาได้หลายภาษาเช่น JavaScript, Python, PHP เป็นต้น

วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ให้ความหมายโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งว่า เป็นโปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ที่ลดขั้นตอนที่ซับซ้อนในการพัฒนาโปรแกรมมีการประยุกต์ใช้งานได้กับผู้ใช้งานได้ทุกระดับผ่านการแปลผลด้วยตรรกศาสตร์เชิงสัญลักษณ์

กล่าวโดยสรุปโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง คือโปรแกรมที่มีลักษณะเป็นโปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) เขียนโปรแกรมโดยการลากบล็อกคำสั่งเรียงต่อกันเพื่อให้ทำงานตามที่นักพัฒนาโปรแกรมออกแบบ โดยโปรแกรมจะแปลเป็นภาษา เช่น JavaScript, Python เป็นต้น เพื่อให้ใช้ควบคุมบอร์ด Micro:Bit ผ่านการเก็บไฟล์ .hex ในไดร์ฟของบอร์ด Micro:Bit ได้

3.3.2 ประเภทของโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

ไมโครบิต (Micro:bit) คือ โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งที่ใช้ควบคุมบอร์ด Micro:Bit ได้แก่ Microsoft PXT Block Editor, Java Script Editor และ MicroPython ที่มีการทำงานร่วมกันในแต่ละรูปแบบของภาษาคอมพิวเตอร์ตามความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม (ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2561)

สแครช (Scratch) คือ โปรแกรมแบบบล็อกเป็นโปรแกรมที่ Google Education ได้พัฒนาขึ้นในชื่อว่า บล็อกลิ (Blockly) ซึ่งเป็นเครื่องมือสร้างบล็อกเสมือน เป็นการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการ สร้างโค้ด เช่น โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit โปรแกรม Scratch (มาโนชญ์ แสงศิริ, 2561)

โปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ที่ได้รับความนิยมในระดับประถมศึกษา คือ โปรแกรม Scratch โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit และโปรแกรม Code จากเวบไซต์ Code.org (วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก, 2563)

กล่าวโดยสรุป โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งมีหลากหลายประเภทดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โปรแกรมที่มีความน่าสนใจในการจัดการเรียนรู้ได้แก่ โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit เนื่องด้วยการใช้งานโปรแกรมง่ายและเหมาะสมกับระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในการพัฒนาและสร้างนวัตกรรมได้ (มาโนชญ์ แสงศิริ, 2561) ผ่านการเขียนคำสั่งควบคุมบอร์ด micro:bit ด้วยไฟล์ .hex (ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2561)ให้ชิ้นงานสามารถทำงานได้เองตามสถานการณ์ปัญหาที่ถูกกำหนดกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว

3.3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

การจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของตนเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนตาม Maryam et al. (2017) ซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกทักษะการแก้ไขปัญหา ออกแบบและเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของชิ้นงานด้วยการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบคือ การแยกส่วนประกอบของปัญหา(Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ให้อยู่ในระดับที่ดีขึ้น

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและดำเนินการจัดทำแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ดังตาราง 12

ตาราง 12 CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ปรับปรุงจาก Maryam et al. (2017, p. 63)

CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (CT)	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) -นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ แยกประเด็นปัญหาในแต่ละสถานการณ์เพื่อใช้เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบาย และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	Decomposition : การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา - การพิจารณาและแบ่งปัญหาวงจรไฟฟ้าออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหา และอธิบายในเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ที่พบในชีวิตประจำวัน	ชยการ คีรีรัตน์ (2562) มานิตย์ อาษานอก (2563) วีระพงษ์ จันทรเสนา และ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) Bati et al. (2018) Rozali et al. (2018) Matsumoto, P. S. and Cao, J. (2017) Maryam et al. (2017)

ตาราง 12 (ต่อ)

CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (CT)	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) - นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน	Pattern recognition : การหารูปแบบของปัญหา - การพิจารณารูปแบบแนวโน้มความคล้ายกันของปัญหาและอธิบายในเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวัน	ชยการ คีรีรัตน์ (2562) มานิตย์ อาษานอก (2563) วีระพงษ์ จันทรเสนา และศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) Bati et al. (2018) Rozali et al. (2018) Matsumoto, P. S. and Cao, J. (2017) Maryam et al. (2017)
ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) - นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก	Abstraction : หาคำตอบให้อยู่ในรูปแบบของปัญหาหลักหรือความจำเป็น) - การพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาวงจรไฟฟ้าในเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญเพื่อใช้อธิบายปัญหาวงจรไฟฟ้าในสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน	

ตาราง 12 (ต่อ)

CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (CT)	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 4 วางแผน การเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) - นักเรียนออกแบบการเรียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอนผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งวงจรไฟฟ้าโดยการควบคุมการทำงานของชิ้นงานแบบจำลองต่างๆ เช่น หลอดไฟในโรงรถ ไฟติดผนังอัตโนมัติ ไฟติดรั้วโรงเรียน เป็นต้น	Algorithm : ออกแบบขั้นตอนวิธี - การออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาในเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน โดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน สามารนำมาเขียนบล็อกคำสั่งในโปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ Micro:bit เพื่อออกแบบบล็อกคำสั่งควบคุมวงจรไฟฟ้าให้ทำงานได้อัตโนมัติ อันได้แก่ หลอดไฟโรงรถอัตโนมัติ ไฟติดผนังอัตโนมัติ ไฟประดับรั้วโรงเรียน และใช้อธิบายการนำความรู้ไปใช้เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่จากชิ้นงานวงจรไฟฟ้าเดิมที่สร้างขึ้น	ชยการ คีรีรัตน์ (2562) มานิตย์ อาษานอก (2563) วีระพงษ์ จันทรเสนา และศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) Bati et al. (2018) Rozali et al. (2018) Matsumoto, P. S. and Cao, J. (2017) Maryam et al. (2017)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาการใช้สะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิด เชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีเทียมเกณฑ์ และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี และมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor ในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์โมบาย เช่น โทรศัพท์มือถือเพื่อพัฒนาโปรแกรมได้โดยการลากบล็อกคำสั่งซึ่งทำได้ง่าย ไม่ต้องกังวลเรื่องการเขียนสำคั่ง การสะกดคำ และความผิดพลาดทางไวยากรณ์ เกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณจากการออกแบบขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ได้จัดการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพ (Visual Programming) ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการเขียนโปรแกรม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ 1. แผนการเรียนรู้ 2. แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4. แบบประเมินความสามารถในการเขียนโปรแกรม 5. แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (t-test Dependent samples) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Matsumoto, P. S., and Cao, J. (2017) พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาเคมีที่โรงเรียนมัธยมศึกษาที่ใช้หลักสูตรมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NGSS) โดยใช้โปรแกรม Excel ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาจัดกิจกรรมดังนี้ 1.ใช้โปรแกรมจำลองและสร้างแบบจำลอง 2.ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล 3.เขียนรหัสหรือเขียนโปรแกรม 4.ระบุเหตุผลอัลกอริทึม 5.สถิติและความน่าจะเป็น โดยดำเนินการตามวิธีการจัดกิจกรรมของ NGSS ดังนี้ 1.ถามคำถาม 2.การวางแผนและดำเนินการสืบสวน 3.การวิเคราะห์และการตีความข้อมูล 4.การสร้างคำอธิบาย 5.การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน 6.การสื่อสารข้อมูล ผลการวิจัยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษามีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้น

Maryam et al. (2017) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นทักษะที่จะสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ใหม่ๆ ให้เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 โดยการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น ออสเตรเลีย อเมริกา และสหราชอาณาจักร เพื่อให้ครูและนักเรียนในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาของประเทศมาเลเซียมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใหม่คือการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ที่ได้จากการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพและทำการสังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack

the big issue) ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

Bati et al. (2018) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมการสร้างนาฬิกาทรายและนาฬิกาแดดเพื่อวัดเวลาและสำรวจหลักการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสอง และใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลดังนี้ 1.การสังเกตระหว่างทำกิจกรรม 2.แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณจากองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ โดยการกำหนดคำถามและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อทดสอบความเชื่อมั่น 3.กลุ่มตัวอย่าง เป็นการสุ่มอย่างง่ายโดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 4.สมุดจดบันทึกของผู้ทดลองเพื่อบันทึกประสบการณ์และมุมมองของนักเรียน 5.การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยสัมภาษณ์กลุ่มทดลองเพื่อดูมุมมองที่มีต่อกิจกรรม ผลการวิจัยพบว่าเนื้อหาดังกล่าวที่มีการบูรณาการ STEAM ช่วยเพิ่มความรู้และทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานคือ คะแนนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

Nurul Faizah Rozali et al. (2018) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่างๆที่อยู่ใน IEEE Xplore Digital Library, Springer และ ScienceDirect Journal โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณแต่ละรูปแบบมีแนวคิด แนวปฏิบัติและมุมมองในการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เช่น Burbaitė, Drąsutė and Štuikys (2018) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ Revised Bloom's Taxonomy and Computational Thinking ซึ่งมีการประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Sharifah Maryam, Mahyuddin & Hasnah (2017) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ CICP Process in Ideation Stage มีการวัดประเมิลผลโดยใช้การสังเกต และการสัมภาษณ์ Xiao and Yu (2017) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ Model of Cultivating Computational Thinking Based on Visual Programming และประเมินผลโดยการใช้แบบทดสอบการแก้ปัญหา

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาของทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ของ Maryam et al. (2017) ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ครูผู้ร่วมสังเกตการณ์
3. แบบแผนวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ต้องการศึกษาในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 18 คน โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนขนาดเล็กในจังหวัดพิจิตร โดยการเลือกแบบเจาะจง จากการศึกษาปัญหาการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าที่เป็นเรื่องยากต่อการเข้าใจ และในการจัดการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าของผู้วิจัยที่เป็นผู้สอนในระดับประถมศึกษาที่รับผิดชอบสอนทั้งวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ได้ศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียนเบื้องต้นโดยการสังเกตพฤติกรรม พบว่านักเรียนไม่สามารถแยกปัญหาและลำดับขั้นตอนในการทำงานให้สำเร็จตามกำหนดผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ไปใช้ทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคตาม Rodriguez (2015) เพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณตาม Ling et al. (2018) พบว่าจากการประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับผลการประเมินจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

2. ครูผู้ร่วมสังเกตการณ์

ครูผู้ร่วมสังเกตการณ์คือ ครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้มากกว่า 10 ปี ในโรงเรียนขนาดเล็กของจังหวัดพิจิตร เป็นผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สะท้อนผลการสังเกตและบันทึกแนวทางการแก้ปัญหาของแต่ละวงจรปฏิบัติการร่วมกับผู้วิจัยลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

3. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988 อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-152) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบการวิจัยตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การวางแผน เป็นขั้นตอนการสร้างและออกแบบการปฏิบัติว่าจะมีลักษณะใด โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะใช้ในการปฏิบัติ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในห้องเรียนได้ ในการวางแผนผู้วิจัยจะต้องสำรวจปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของตนที่ทำให้การจัดการเรียนการอสนไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ มีการวิเคราะห์ปัญหาและตั้งคำถามของการวิจัยเพื่อหาคำตอบ ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาของผู้วิจัยเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ กระบวนการหรือสิ่งที่นำมาใช้แล้วสามารถแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ โดยสิ่งที่นำมาใช้นั้นต้องเป็นสิ่งใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ เทคนิคการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ วิธีการวัดประเมินการเรียนรู้

3.2 การลงมือปฏิบัติ (action) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยครูผู้วิจัยได้นำแผนหรือแนวคิดที่ตนคิดว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้ลงมือปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียน โดยขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นตอนต่อไป คือ การสังเกต โดยครูจะต้องสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่เกิดขึ้นมาประเมินการปฏิบัติของตนเอง ซึ่งการปฏิบัติอาจไม่ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ก่อนหน้านี้ทั้งหมด เพราะสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ เวลา และสถานที่จริงที่อาจไม่เหมือนกับที่คาดการณ์ไว้

3.3 การสังเกต (observe) เป็นการรายงานสิ่งที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติ ในขั้นนี้ครูผู้วิจัยต้องตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการสอนในขั้นที่ 2 ว่าวิธีการนั้นได้ผลหรือไม่ และครูมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนวิธีนั้นหรือไม่ กล่าวคือ ครูจะต้องคิดหาข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้ และหาสาเหตุ จากนั้นให้ดำเนินการแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนผลว่า รู้สึกอย่างไร หรือได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติการ

จัดการเรียนรู้ของครูบ้าง โดยการสังเกตครอบคลุมไปถึงวิธีการอื่นๆ ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ การสังเกตจะทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสะท้อนความคิดที่มีประสิทธิภาพ สิ่งที่จำเป็นต่อการสังเกตได้แก่ ความรอบคอบ การเปิดใจให้กว้าง เพื่อรับสิ่งใหม่ๆ ที่จะเกิดขึ้น ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะต้องพยายามสังเกตและเก็บข้อมูลที่เน้นประเด็นที่ตนสนใจศึกษาจากนั้นให้ครูวิเคราะห์ เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 3 กับเป้าหมายที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 โดยพยายามมองหาหลักฐาน ข้อมูลที่สนับสนุน และคัดค้าน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติใดให้ผลดีที่สุด

3.4 การสะท้อนผล (reflect) เป็นการย้อนคิดถึงการปฏิบัติของตนโดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจกับกระบวนการปัญหา และประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ศึกษา รวมทั้งเป็นการเสนอแนวทางสำหรับการปฏิบัติต่อไป เพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าสิ่งใดช่วยสนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย มีการปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งต่อไป การสะท้อนความคิดนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการบันทึกหลังสอนและมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่มผู้วิจัยด้วยกันเองเพื่อนำไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุง โดยสิ่งที่ต้องบันทึก ได้แก่

3.4.1 การเรียนการสอนนี้ นักเรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร

3.4.2 การสอนอย่างไรที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และไม่เกิดการเรียนรู้พร้อมหลักฐานประกอบ

3.4.3 ปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการสอนครั้งนี้คืออะไร

3.4.3 แนวทางการปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไป

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ย่อย 3 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง ดังนี้

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายกับการเปิดไฟโรงรถอัตโนมัติ

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับไฟติดผนังตั้งเวลาอัตโนมัติ

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนานกับไฟประดับรั้วโรงเรียน

1.2 แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่

2.1 แบบบันทึกกิจกรรม

2.2 แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ตาราง 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัย ผู้ให้ข้อมูล เครื่องมือการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

คำถามวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล/ผู้บันทึก	เครื่องมือวัด			การวิเคราะห์ข้อมูล
		ระหว่างจัดกิจกรรม		หลังจัดกิจกรรม	
		แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	แบบบันทึกกิจกรรม	แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ	
1. แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรเป็นอย่างไร	ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต	✓			การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา
2. การเรียนการรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้หรือไม่อย่างไร	นักเรียน		✓	✓	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและนำคำตอบนักเรียนมาจัดลำดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณตาม Peel et al. (2019)

5. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน โดยแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ ได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 3 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP mode ของ Maryam et al. (2017) มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า เพื่อกำหนดกรอบผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.2.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชา วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว15101 เกี่ยวกับตัวชี้วัดที่จะนำมาใช้เป็นเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้

1.2.2 ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง วงจรไฟฟ้า จากหนังสือรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 คู่มือครูรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง วงจรไฟฟ้า ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.2.3 กำหนดเนื้อหาย่อยที่ใช้ในงานวิจัย เรื่อง วงจรไฟฟ้าไว้จำนวน 3 เรื่อง ซึ่งตรงตามตัวชี้วัด ได้แก่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง จำนวน 3 แผน

1.2.4 กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน

1.3 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง โดยใช้ โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งอันได้แก่ โปรแกรม Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในเรื่อง วงจรไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละแผนการเรียนรู้มีองค์ประกอบดังนี้

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.2 ผลการเรียนรู้

1.4.3 สาระสำคัญ

1.4.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4.1 ด้านความรู้

1.4.4.2 ด้านกระบวนการ

1.4.4.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.5 สาระการเรียนรู้

1.4.6 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

1) ขั้น คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น

2) ขั้น ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา

3) ขั้น ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง

4) ขั้น วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

1.4.7 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.8 สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1.4.9 บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4.10 ใบกิจกรรม

1.4.11 ใบความรู้

1.4.12 แบบวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า จำนวน 3 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องการเขียนโปรแกรม จำนวน 1 ท่าน 3) ศึกษานิเทศก์ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลงานวิจัย และเกณฑ์การประเมินผลของบุญชม ศรีสะอาด (2554, น. 121) ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

5 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.6 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ คำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 121) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51-5.00 คะแนน	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50 คะแนน	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
2.51-3.50 คะแนน	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50 คะแนน	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
1.00-1.50 คะแนน	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต้องมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 121)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 มีความเหมาะสมมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 คะแนน และผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงในภาคผนวก ข

1.7 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้เพิ่มรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีการเชื่อมโยงการนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้ากับการเขียนโปรแกรมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน โดยให้นักเรียนได้ต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลองเพื่อสะท้อนการนำความรู้มาเชื่อมโยงก่อนทำการเขียนโปรแกรม Microsot MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในชิ้นงานแบบจำลอง

1.8 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงรายละเอียดชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ เป้าหมายการเรียนนรู้ ชิ้นงานของนักเรียนและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติ

วงจรปฏิบัติการ	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมายการเรียนรู้	ชิ้นงาน (ผลงานนักเรียน)	เวลา (ชั่วโมง)
วงจรที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายกับการปิดไฟโรงรถอัตโนมัติ	ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายผ่านการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งและสามารถออกแบบไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	ไฟโรงรถอัตโนมัติ	4
วงจรที่ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับไฟติดผนังตั้งเวลาอัตโนมัติ	ออกแบบและทดลองวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมผ่านการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งและสามารถบอกประโยชน์และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	ไฟติดผนังอัตโนมัติ	4
วงจรที่ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบขนานกับการเปิดไฟโรงรถอัตโนมัติ	ออกแบบและทดลองวงจรไฟฟ้าแบบขนานผ่านการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งและสามารถบอกประโยชน์และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	ไฟประดับรั้วโรงเรียน	4

2. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยและผู้สังเกต ซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์ มากกว่า 10 ปี ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนแล้ว เพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดด้อย ในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

2.2 กำหนดขอบเขตของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ว่าทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นหรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2.3 สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้เป็นการให้ผู้วิจัยเขียนบรรยายลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอน 4 ขั้น ตามการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ CICP Model และประเด็นที่จะสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.3.1 ขั้น คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็นสะท้อนผลดังนี้

1) ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการระบุปัญหาในหลายประเด็น

2) จุดเด่นของกิจกรรม

3) จุดที่ควรพัฒนา

4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.3.2 ขั้น ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา

1) ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา

2) จุดเด่นของกิจกรรม

3) จุดที่ควรพัฒนา

4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.3.3 ขั้น ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง

3.1 ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนตัดปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องและจัดหมวดหมู่ข้อมูล

3.2 จุดเด่นของกิจกรรม

3.3 จุดที่ควรพัฒนา

3.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.3.4 ขั้น วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

1) ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

2) จุดเด่นของกิจกรรม

3) จุดที่ควรพัฒนา

4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.3.5 ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งข้างต้นประสบความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณหรือไม่อย่างไร

2.4 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.5 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.6 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องการเขียนโปรแกรม จำนวน 1 ท่าน 3) ศึกษานิเทศก์ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลงานวิจัยและเกณฑ์การประเมินผลของบุญชม ศรีสะอาด (2554, น. 121) ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

5 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2.7 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด คำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 121) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51-5.00 คะแนน	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50 คะแนน	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
2.51-3.50 คะแนน	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50 คะแนน	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
1.00-1.50 คะแนน	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการพิจารณาความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต้องมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าเป็นแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด , 2554, น. 121)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 มีความเหมาะสมมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 คะแนนและผลการประเมินแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แผนแสดงในภาคผนวก ฌ

2.8 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข และปรับปรุงแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.9 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการบันทึกข้อมูล ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งในห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว

3. บันทึกกิจกรรม

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยแบบบันทึกกิจกรรม ครอบคลุมเนื้อหาในบทเรียนเรื่อง วงจรไฟฟ้าและทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความรู้ของนักเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบบันทึกกิจกรรม

3.2 กำหนดขอบเขตของแบบบันทึกกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ว่าทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นหรือไม่ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าอนุกรม และวงจรไฟฟ้าขนาน

3.3 สร้างแบบบันทึกกิจกรรม ซึ่งลักษณะของแบบบันทึกกิจกรรมเป็นการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายลงในแบบบันทึกกิจกรรมตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งแปลความหมายจาก Peel et al. (2019) (ตาราง 15)

ตาราง 15 ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ แปลความหมายจาก Peel et al. (2019)

ระดับของการถ่ายโอน	ลักษณะ
ระดับ 1 : ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงการเรียนรู้ที่ผ่านมา
ระดับ 2 : ถ่ายโอนแบบประยุกต์	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ที่เหมือนกับสิ่งที่ได้เรียนรู้เดิม
ระดับ 3 : ถ่ายโอนสู่บริบท	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย
ระดับ 4 : ถ่ายโอนแบบใกล้	การใช้ความรู้ที่ได้เรียนถ่ายโอนไปยังสถานการณ์ที่คล้ายกันแต่ไม่เหมือนกันกับสถานการณ์ก่อนหน้านี้
ระดับ 5 : ถ่ายโอนแบบไกล	การใช้การเรียนรู้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกันจากการเรียนรู้ดั้งเดิม มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน
ระดับ 6 : ถ่ายโอนแบบแทนที่ หรือความคิดสร้างสรรค์	การใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้มาใช้สร้างแนวความคิดใหม่ขึ้น

Note. From "Unplugged design of Algorithmic explanations" by Peel, A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P., 2019 *J Res Sci Teach*, 56, 983-1007. p. 989)

3.4 นำแบบบันทึกกิจกรรมให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.5 นำแบบบันทึกกิจกรรมที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.6 นำแบบบันทึกกิจกรรมที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องการเขียนโปรแกรม จำนวน 1 ท่าน 3) ศึกษานิเทศก์ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแบบบันทึกกิจกรรมกับจุดประสงค์การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากเกณฑ์การประเมินผลของเทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไทย (2539, น. 181) ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบบันทึกกิจกรรมกับจุดประสงค์ ใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบบันทึกกิจกรรมกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

หากมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ *0.5* ถือว่าแบบบันทึกกิจกรรมข้อนั้นสามารถนำไปใช้ประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณได้

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 มีค่าดัชนี (IOC) 0.67 คะแนน และดัชนี (IOC) 3 แผน จำนวน 12 ชั่วโมง มีค่าดัชนี (IOC) ของแบบบันทึกกิจกรรมอยู่ในระดับ สอดคล้อง และผลการประเมินแบบบันทึกกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 แผนแสดงในภาคผนวก ค

3.7 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข และปรับปรุงแบบบันทึกกิจกรรมให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำให้เพิ่มกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน โดยระบุคำสั่งในแบบบันทึกกิจกรรม ให้นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลองเพื่อสะท้อนการนำความรู้มาเชื่อมโยงก่อนทำการเขียนโปรแกรม Microsot MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในชิ้นงานแบบจำลอง

3.8 นำแบบบันทึกกิจกรรมไปใช้ในการบันทึกข้อมูล ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งในห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะบันทึกในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้

4. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทักษะการคิดเชิงคำนวณที่เกิดขึ้นกับนักเรียนโดยประเมินความรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อสะท้อนให้ทราบว่านักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้า มาใช้ร่วมกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณอย่างไร แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

4.2 กำหนดขอบเขตของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าอนุกรม และวงจรไฟฟ้าขนาน ให้อยู่ในรูปแบบของวงจรไฟฟ้าแบบผสม

4.3 สร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งลักษณะของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณตามแนวทางของ Peel et al. (2019)

4.4 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

4.5 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.6 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเรื่องการเขียนโปรแกรม จำนวน 1 ท่าน 3) ศึกษานิเทศก์ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณกับจุดประสงค์การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากเกณฑ์การประเมินผลของเทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไทย (2539, น. 181) ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณกับจุดประสงค์ ใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

หากมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ *0.5* ถือว่าแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณนั้นสามารถนำไปใช้ประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณได้

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีค่าดัชนี (IOC) 0.67 คะแนน อยู่ในระดับ สอดคล้อง และผลการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 แผนแสดงในภาคผนวก ฉ

4.7 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข และปรับปรุงแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำให้ตัดข้อคำถามที่ให้นักเรียนวาดภาพวงจรไฟฟ้าออกเนื่องจากไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบการแยกย่อยปัญหาโดยผู้วิจัยได้ยกเลิกข้อคำถามดังกล่าว และให้นักเรียนวาดภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบายการแยกปัญหาและสะท้อนตัวชี้วัดในแผนการจัดการเรียนรู้จากคำถามข้อ 1

4.8 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณไปใช้ในการบันทึกข้อมูลผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งในห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะบันทึกในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 18 คน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อศึกษาการพัฒนาในทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง โดยได้ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งของจังหวัดพิจิตร โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบเพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วางแผนออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

ปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการดำเนินกิจกรรม ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรมในครั้งนี้

ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและร่วมมือในการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ตลอดการเก็บข้อมูล และดำเนินการจัดกิจกรรมโดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe)

ในระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect)

เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนจัดการเรียนรู้ มาทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเองและจากครูผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลสรุปที่ได้มาสะท้อนตนเองและวิเคราะห์วิจารณ์ร่วมกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้ได้ข้อแนะนำ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า และดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 2 ถึง ขั้นที่ 4

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากนั้นนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงจร ปฏิบัติการที่ 2 เพื่อปรับปรุงและแก้ไขในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ผู้วิจัยดำเนินการเช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากนั้นนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงจรปฏิบัติการที่ 3 และสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้วให้นักเรียนสร้างชิ้นงานอีกหนึ่งชิ้นเพื่อประเมินการนำความรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้มาใช้สร้างชิ้นงานเพื่อตรวจสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนซึ่งผู้วิจัยจะให้นักเรียนบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการศึกษาพัฒนาการในทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้แบบสะท้อนการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรม ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ หลังการจัดการเรียนรู้ นำมาตีความ วิเคราะห์ จัดกลุ่มแยกประเภทและสรุปผล หลังจากนั้นนำชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น ได้แก่ หลอดไฟโรงรถอัตโนมัติ ไฟติดผนังอัตโนมัติ ไฟประดับรั้วโรงเรียน และหลอดไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่มาสนับสนุนผลที่ได้ จากนั้นสรุปผลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ ที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เข้าร่วมการวิจัยเรื่อง วงจรไฟฟ้า ได้มากหรือน้อยเพียงใด

ผู้วิจัยได้สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลและช่วงเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ (Act) ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe) และขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect) โดยดำเนินการวัดผลระหว่างทำกิจกรรม และทำการวัดผลหลังทำกิจกรรม ดังตาราง ที่ 16

ตาราง 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
วงจรที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายกับการปิดไฟโรงรถอัตโนมัติ		ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูประจำการ	
	แบบบันทึกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้	ผู้เข้าร่วมวิจัย	
วงจรที่ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับไฟติดผนังตั้งเวลาอัตโนมัติ		
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูประจำการ	
	แบบบันทึกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้	ผู้เข้าร่วมวิจัย	
วงจรที่ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบขนานกับการเปิดไฟโรงรถอัตโนมัติ		
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูประจำการ	
	แบบบันทึกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้	ผู้เข้าร่วมวิจัย	
	หลังจบ 3 วงจรปฏิบัติการ		
	แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังกิจกรรมการเรียนรู้	ผู้เข้าร่วมวิจัย	หลังการจัดการเรียนรู้

7. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้เป็น 3 เครื่องมือ โดยแบ่งเป็นระหว่างการจัดกิจกรรมและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

7.1 แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ (ระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้)

ได้นำข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้จากการบันทึกของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญการเขียนโปรแกรม มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

7.1.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

7.1.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ที่พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

7.1.3 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ และอภิปรายผล

7.1.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ในกรณีที่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญไม่สอดคล้องกัน ให้ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญร่วมกันอภิปรายผลการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อร่วมกันหาข้อสรุปและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

7.2 แบบบันทึกกิจกรรม (ระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้)

นำข้อมูลมาจากการบันทึกกิจกรรมขณะนักเรียนเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

7.2.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรม

7.2.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

7.2.3 จัดกลุ่มระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ และอภิปรายผลตามระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจาก Peel et al. (2019) ดังตาราง 17

ตาราง 17 ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ปรับปรุงจาก Peel et al. (2019)

รายการการประเมิน	ระดับคุณภาพการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ					
	ถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์ (6)	ถ่ายโอนแบบไกล (5)	ถ่ายโอนแบบใกล้ (4)	ถ่ายโอนแบบสู่บริบท (3)	ถ่ายโอนแบบประยุกต์ (2)	ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง (1)
1.การแยกปัญหา (Decomposition	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาและอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีแยกประเด็นปัญหา
2.การหารูปแบบปัญหา (Pattern recognition)	นักเรียนหารูปแบบปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาและอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีหารูปแบบปัญหา

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการการประเมิน	ระดับคุณภาพการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ					
	ถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์ (6)	ถ่ายโอนแบบไกล (5)	ถ่ายโอนแบบใกล้ (4)	ถ่ายโอนแบบสู่บริบท (3)	ถ่ายโอนแบบประยุกต์ (2)	ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง (1)
3.การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาและอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาและอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีแยกส่วนสำคัญของปัญหา
4.การออกแบบขั้นตอน (Algorithms)	นักเรียนใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ที่ต่างจากเดิม	นักเรียนใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่าง	ใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและสร้างคำสั่งในสถานการณ์ที่ต่างจากเดิม	นักเรียนออกแบบขั้นตอนและเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างชิ้นงานได้	นักเรียนออกแบบขั้นตอนและเขียนโปรแกรมตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีอธิบายคำสั่งในโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

7.2.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

7.3 แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ (หลังกิจกรรมการเรียนรู้)

นำข้อมูลมาจากการทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

7.3.1 ดำเนินการตรวจแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นโดยปรับปรุงจาก Peel et al. (2019)

7.3.2 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกัน เพื่อตรวจสอบการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณที่เกิดขึ้น

7.3.3 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการเปลี่ยนแปลงทักษะ และพฤติกรรม ของผู้เข้าร่วมวิจัยหลังจากทำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

8. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย โดยแบ่งตามคำถามวิจัยดังนี้

8.1 แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรเป็นอย่างไร ใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย (Resource Triangulation) โดยให้ข้อมูลจาก 2 แหล่ง ซึ่งบุคคลผู้ให้ข้อมูลในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ตัวผู้วิจัย และครูผู้ร่วมสังเกตการณ์

8.2 การเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้หรือไม่ อย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method Triangulation) โดยจะเห็นว่าผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากนั้นสรุปผล และวิเคราะห์ข้อมูลว่ามีแนวโน้มและทิศทางว่าเป็นไปในทางเดียวกัน

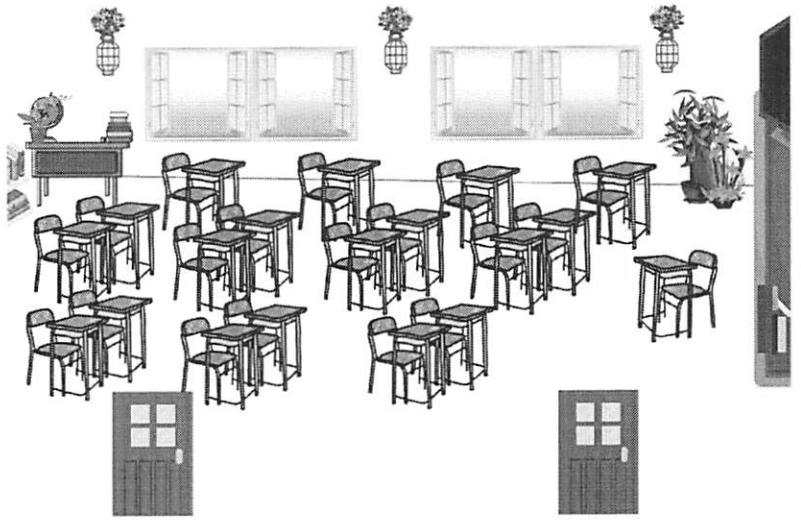
บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

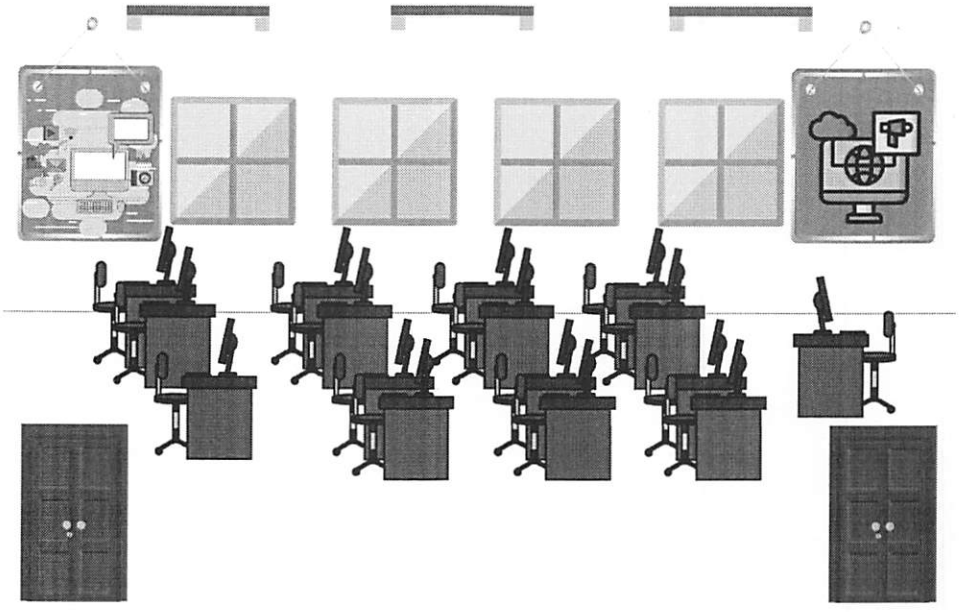
ข้อมูลทั่วไป

ห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีลักษณะเป็นห้องเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีโทรทัศน์พร้อมเครื่องฉายภาพสามมิติ (Visualizer) เพื่อให้นักเรียนใช้นำเสนอชิ้นงานและผลงานของตนเองในการเรียนรู้ในแบบบันทึกกิจกรรม มีกระดานดำสำหรับครูประจำวิชาในการเขียนอธิบายนักเรียน บรรยากาศภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ อากาศถ่ายเทสะดวก มีแสงเพียงพอต่อการเรียนรู้ ด้านหลังห้องเรียนมีชั้นหนังสืออ่านเพิ่มเติม มีแผ่นป้ายนิเทศภายในห้องเรียนสำหรับอ่านเวลาว่าง สภาพโต๊ะและเก้าอี้จำนวน 18 ชุดอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ครบตามจำนวนนักเรียนภายในชั้นเรียน มีโต๊ะครูประจำชั้นอยู่ด้านหลังห้องเรียน และมีโต๊ะสำหรับครูประจำวิชาอยู่ด้านหน้าห้องเรียน ดังภาพที่ 1



ภาพ 1 แสดงแผนผังห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่อยู่ติดกันใช้ดำเนินการวิจัย ภายในห้องมีการจัดวางเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นคู่ จำนวน 16 เครื่องติดตั้งโปรแกรม Microsoft MakeCode micro:bit Offline App สำหรับคอมพิวเตอร์ 64 bit พร้อมบอร์ดmicro:bit รุ่น 1.5 และบอร์ดขยายความสามารถ iBIT+ อยู่ภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ซึ่งลักษณะดังภาพที่ 2



ภาพ 2 แสดงแผนผังห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

บรรยากาศสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนมีห้องเรียนครบทุกระดับชั้น มีห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อยู่ในสภาพสมบูรณ์เหมาะสมกับการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

จากคำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรเป็นอย่างไร

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและดำเนินการจัดการเรียนรู้ จากนั้นใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแต่ละวงรอบ และสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

ในขั้นนี้เป็นการนำภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ มาให้นักเรียนได้ศึกษาและแยกปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟฟ้าไม่ติดมาให้นักเรียนที่ได้รับการแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาร่วมกันและแจกเอกสารประกอบการเรียนรู้ได้แก่ ภาพสถานการณ์ แบบบันทึกกิจกรรม ใบความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้น ให้นักเรียนเป็นรายบุคคลใช้ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และศึกษาเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน เพื่อให้นักเรียนได้สังเกตและแยกประเด็นปัญหาจากภาพสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน 4 สถานการณ์เป็นการฝึกทักษะการแยกปัญหา (Decomposition) โดยสถานการณ์ดังกล่าวจะครอบคลุมปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน จากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปรายสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์จำลองไม่ทำงานรวมทั้งบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ได้รับฟัง และสอบถามข้อสงสัย โดยการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ใช้เวลา 60 นาที ซึ่งเพียงพอต่อนักเรียนสำหรับการแยกปัญหาจากสถานการณ์จำลอง การนำเสนอความคิดของตนเองและกลุ่ม ร่วมทั้งการตอบถามถามจากเพื่อนๆ และครูภายในชั้นเรียน

จากผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแยกปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนเกิดความสับสนกับคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดวงจรไฟฟ้าพร้อมเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายได้ เนื่องจากข้อคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง การแยกปัญหา ในข้อ 1.2 ไม่ชัดเจนและทำให้เกิดความสับสนสอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"ในกิจกรรม ข้อที่ 1 เรื่องการแยกปัญหาข้อ 1.2 มีนักเรียนไม่เข้าใจคำถาม ควรมีการให้นักเรียนระบุชื่อ หรือเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายด้วย ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่วาดวงจรไฟฟ้าที่เห็นตามภาพในสถานการณ์จำลองที่ตนเองได้รับ"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

ดังนั้นในวงรอบถัดไปผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อคำถามในกิจกรรม ข้อที่ 1 เรื่อง การแยกปัญหา ข้อ 1.2 ให้ชัดเจนโดยมีการระบุชื่อและสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้ครบถ้วนทั้งวงจรไฟฟ้า ซึ่งพบว่า การเพิ่มคำถามดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีการเขียนภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์และใช้อธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและผู้วิจัยที่กล่าวว่า

"นักเรียนใช้เวลาในการวิเคราะห์สถานการณ์น้อยลง และสามารถอภิปรายปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ครบทุกคน"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสถานการณ์ที่ได้รับได้ทุกคน"

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า มีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุปัญหาที่ถูกต้องจากสถานการณ์จำลองได้อันเนื่องมากจากสังเกตภาพจากสถานการณ์จำลองแล้วเข้าใจว่ามีหลอดไฟที่ไม่เสียหายกำลังติดอยู่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ดังนั้นครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงให้คำแนะนำว่าควรมีสัญลักษณ์ หรืออธิบายให้นักเรียนเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงประเด็นมากขึ้น โดยกล่าวว่า

"ควรมีสัญลักษณ์ หรือบรรยายเพื่ออธิบายว่าหลอดไฟทุกหลอดในทุกสถานการณ์ในภาพไม่ติด และควรอธิบายเกณฑ์การประเมินทักษะให้นักเรียนได้ทราบกรอบแนวทางการประเมินระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ก่อนล่วงหน้า"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

ดังนั้นในวงปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้เพิ่มสัญลักษณ์ และอธิบายเพิ่มเติมในระหว่างการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและเห็นภาพชัดเจนว่าเมื่อมีหลอดไฟหลอดหนึ่งชำรุดจะส่งผลให้หลอดไฟฟ้าดวงอื่นๆ ในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนานเกิดการสว่างของหลอดไฟที่แตกต่างกัน โดยการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมถ้ามีหลอดใดหลอดหนึ่งเสียหายหลอดไฟดวงอื่นจะดับทั้งหมด ซึ่งต่างกับการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานหลอดไฟดวงอื่นๆ

ที่ไม่ชำรุดจะยังคงส่องสว่างดังเดิม และมีการอธิบายเกณฑ์การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณให้นักเรียนฟังก่อนการจัดกิจกรรม ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจากสถานการณ์จำลองได้ และสามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้สอดคล้องกับการสะท้อนผล

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจากสถานการณ์ตัวอย่างและสามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในขั้น คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็นนั้นควรมีลักษณะดังนี้

1. การออกแบบสถานการณ์จำลองเพื่อแยกปัญหา ควรใช้สถานการณ์จำลองที่ครอบคลุมปัญหาของวงจรไฟฟ้า เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อย โดยภาพสถานการณ์จำลองที่เลือกใช้จะต้องสื่อความหมายได้ชัดเจน ตรงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เมื่อมีหลอดไฟหลอดหนึ่งขาดหลอดที่เหลือจะไม่ติดด้วยเช่นกัน วงจรไฟฟ้าแบบขนานเมื่อมีหลอดไฟขาด หลอดอื่นๆ จะยังคงติดส่องสว่างได้

2. การอธิบายแนวทางการแยกปัญหาให้ชัดเจน โดยการนำภาพสถานการณ์ตัวอย่างให้นักเรียนได้ศึกษาเพื่อระบุปัญหาในหลายประเด็นนั้น ครูผู้สอนควรมีการอธิบายเพิ่มเติมเมื่อแจกภาพสถานการณ์จำลองให้นักเรียนฟังก่อนที่นักเรียนจะทำการวิเคราะห์ภาพสถานการณ์เพื่อสร้างความเข้าใจและสอบถามข้อสงสัยภายในภาพสถานการณ์จำลอง รวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันตลอดการทำกิจกรรม

3. การตั้งข้อคำถามเพื่อแยกปัญหา ควรระบุข้อคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเขียนภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์และใช้อธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าได้

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ และบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาที่ตนเองเข้าใจลงในตารางในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การหารูปแบบปัญหาจากวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการหารูปแบบปัญหา (Pattern recognition) โดยในขั้นนี้จะใช้เวลา 30 นาที ซึ่งเพียงพอสำหรับนักเรียนในในการเขียนรูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกัน

ของปัญหาจากสถานการณ์จำลอง รวมทั้งการเชื่อมโยงจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอความคิดของตนเองและกลุ่ม ร่วมทั้งการตอบถามถามจากเพื่อนๆ และครูภายในชั้นเรียน

จากผลการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ ซึ่งนักเรียนเขียนปัญหาจากสถานการณ์จำลองลงในแบบบันทึกกิจกรรมแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหา สอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ โดยนักเรียนเขียนระบุปัญหาแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหาของแต่ละสถานการณ์จำลอง"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ซึ่งในวงจรปฏิบัติการถัดไป ผู้วิจัยได้ใช้คำถามนำเพื่อสอบถามปัญหาจากสถานการณ์จำลองที่นักเรียนเข้าใจ และอธิบายความหมายของแนวโน้มของปัญหา ให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนทำกิจกรรมว่าเป็นการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ควรมีคำว่า เมื่อเราพบ... ถ้าเราพบ... เมื่อเห็น... ถ้า...แล้ว... อยู่ด้านหน้าของประโยค พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสถานการณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชีวิตประจำวันได้ สามารถบอกรูปแบบของปัญหา และความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าได้ทุกคน แต่นักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกแนวโน้ม ของปัญหาได้ สอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า

"นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหา รูปแบบของปัญหา และบอกความคล้ายกันของปัญหาจากสถานการณ์จำลองเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

"นักเรียนทุกคนสามารถบอกรูปแบบของปัญหาจากสถานการณ์ สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์อื่นในชีวิตประจำวันได้ แต่มีนักเรียนบางคนไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาได้ ครูควรเพิ่มการอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจทุกคน"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า การใช้ถามนำเพื่อระบุปัญหาจากสถานการณ์จำลองและการอธิบายความหมายของแนวโน้มของปัญหาของครู ทำให้นักเรียนทราบปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าแต่ละสถานการณ์ และมีความเข้าใจในเรื่อง ความหมายของรูปแบบแนวโน้มของปัญหาซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวโน้มของปัญหาในแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการหารูปแบบของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์ที่กล่าวว่า

"การใช้คำถามนำของครูสามารถช่วยให้นักเรียนใช้ปัญหาจากสถานการณ์จำลองระบุแนวโน้มของปัญหาได้ดีขึ้น"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยทราบว่าเมื่อนักเรียนรู้ปัญหาในวงจรไฟฟ้าจากแต่ละสถานการณ์ และเข้าใจความหมายของแนวโน้มของปัญหาแล้ว นักเรียนจะสามารถเขียนแนวโน้มของปัญหาจากภาพสถานการณ์จำลองได้ และสามารถอธิบายสถานการณ์ที่มีความคล้ายกันที่พบในชีวิตประจำวันได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นการจัดทำแบบบันทึกกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เขียนข้อมูลแนวโน้มของปัญหา และความคล้ายกันของปัญหาให้ครบถ้วนสมบูรณ์ให้มากที่สุดควรเตรียมความพร้อมทั้งข้อคำถาม และแนวคำตอบของแนวโน้มของปัญหา ความคล้ายกันของปัญหาให้ครอบคลุมทุกแนวคำตอบดังผลสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์ที่กล่าวว่า

"นักเรียนสามารถเขียนแนวโน้มของปัญหาจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับทุกคน และมีการเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ดังนั้นในขั้นที่ 2 การระบุความคล้ายกันของแต่ละปัญหานั้นควรมีลักษณะดังนี้

1. การสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหาโดยการอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจว่าเป็นการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าควรมีคำว่า เมื่อเราพบ... ถ้าเราพบ... เมื่อเห็น... ถ้า...แล้ว... อยู่ด้านหน้าของประโยค ซึ่งทำให้นักเรียนเขียนแนวโน้มของปัญหาได้ถูกต้อง

2. การใช้คำถามนำสู่การระบุปัญหาหลักของสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้พิจารณาแนวโน้มของปัญหา ควรมีการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันร่วมกันกับนักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและระบุความคล้ายกันของปัญหาที่พบได้

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

ในขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ร่วมกันในตารางแยกข้อมูล และตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลักเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) โดยการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ใช้เวลา 30 นาที ซึ่งเพียงพอต่อการทำกิจกรรมเพื่อลดข้อมูลของปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองลงในตารางและบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้

จากผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าการพัฒนาทักษะการคิดเชิงนามธรรม นักเรียนควรแยกข้อมูลปัญหาในวงจรไฟฟ้าที่สำคัญออกจากข้อมูลปัญหาที่ ไม่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์จำลองได้และสามารถบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ ดังนั้นการจัดทำแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงนามธรรมจะต้องมีข้อคำถามชัดเจนไม่สร้างความสับสนให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่สามารถเขียนข้อมูลลงในตารางได้ สอดคล้องกับผลการสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"ข้อความอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ ข้อมูลสำคัญ ที่เขียนว่า ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้" และหัวข้อ ข้อมูลไม่เกี่ยวข้อง ว่า อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ สร้างความสับสนในการเขียนอธิบายคำตอบของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนต้องสอบถามเพิ่มเติมเพื่อสร้างความเข้าใจ"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

"ตัดข้อความดังกล่าวในสภาพปัญหาออกทั้ง 2 หัวข้อ เนื่องจากนักเรียน เข้าใจหัวข้อในตารางได้ถูกต้องตามประเด็นที่ต้องการคำตอบแล้ว"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ดังนั้นในวงรอบถัดไปผู้วิจัยได้ปรับปรุงแบบบันทึกกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนอธิบายข้อมูลปัญหาในวงจรไฟฟ้าที่สำคัญที่ทำให้หลอดไฟในสถานการณ์จำลองไม่ทำงานร่วมกันในกลุ่ม ลงในตารางกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหา ซึ่งพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องและสามารถระบุข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ สอดคล้องกับการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"กิจกรรมกลุ่ม การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ และสามารถระบุข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์ได้ทุกคน"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

แต่ในวงจรปฏิบัติที่ 2 พบว่า นักเรียนบางคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้า แบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ครูควรเพิ่มคำถามแบบปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิด และแสดงข้อคิดเห็นในการเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้ ตามคำแนะนำของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า

"ครูควรเพิ่มคำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงข้อคิดเห็นและเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่พบในชีวิตประจำวันได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้เพิ่มคำถามแบบปลายเปิดแก่นักเรียนในระหว่างทำกิจกรรมว่า "ให้นักเรียนยกตัวอย่างข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่เราพบเห็นสามารถทำงานได้ปกติมีอะไรบ้าง" เพิ่มเติมจากการบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงประเด็นปัญหาเรื่องการต่อหลอดไฟฟ้ากับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงประเด็นปัญหาในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น สอดคล้องกับผลสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า

"นักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่สำคัญ และข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์จำลองได้ ทุกคน และนักเรียนส่วนใหญ่เขียนตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการระบุข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ครูผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้เขียนตัวอย่างข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ในชีวิตประจำวันไว้ว่า

"การบอกข้อมูลที่สำคัญควรเพิ่มคำสั่งให้นักเรียนเขียนตัวอย่าง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันด้วยเพื่อเป็นการให้นักเรียนแสดงความคิดเชิงนามธรรม ในระดับที่สูงขึ้นได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องนั้นควรมีลักษณะดังนี้

1. การใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยการให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลของปัญหาวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองในแบบบันทึกกิจกรรมที่มีข้อคำถามชัดเจน มีการระบุคำสั่งจากการใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนเขียนระบุตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญ ที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ และมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานร่วมกันภายในกลุ่มล่วงหน้าก่อนทำกิจกรรมในครั้งถัดไป

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

ในขั้นนี้เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ออกแบบการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนผังงาน นักเรียนจะทำกิจกรรมที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธีโดยเริ่มจากการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าอันได้แก่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน โดยมีเป้าหมายในการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้ากับความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้นในการออกแบบชิ้นงาน และสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ได้ โดยในการจัดกิจกรรมครั้งนี้นักเรียนมีเวลาในการทำกิจกรรมจำนวน 2 ชั่วโมง

จากผลการดำเนินกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนสามารถออกแบบชิ้นงานโดยมีการบูรณาการความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้ากับการเขียนโปรแกรมเข้าด้วยกันได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ ที่กำหนดได้แต่ไม่สามารถลากเส้นเพื่อเชื่อมโยงผังงานได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่สามารถเขียนผังงานได้ เมื่อสอบถามนักเรียนแล้วพบว่ากิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธี ข้อ 4.2 การเขียนผังงานภาพผังงานขาดเงื่อนไขการปิดไฟ ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการเขียนเส้นลำดับ การทำงานของผังงาน สอดคล้องกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"ในการเขียนผังงาน นักเรียนไม่สามารถเขียนเส้นเพื่อให้ลำดับการทำงานในผังงานสมบูรณ์ได้ เมื่อครูสอบถามแล้วพบว่า มีข้อความและเส้นในโจทย์ ข้อ 4.2 กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธีไม่ครบตามแนวคำตอบจึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจและไม่สามารถโยงเส้นผังงานได้สำเร็จ"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)

ในวงรอบถัดไปผู้วิจัยได้ทำการปรับเพิ่มเงื่อนไขการปิดไฟ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจลำดับการเขียนผังงานเพิ่มมากขึ้น โดยการวางเงื่อนไขปิดไฟไว้ในผังงานซึ่งส่งผลให้ผังงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น ดังผลสะท้อนของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อความและลากเส้นเชื่อมโยงผังงานได้ถูกต้อง"
(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

การเขียนโปรแกรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ครูทบทวนคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลองที่กำหนด และเซนเซอร์(sensor) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสถานกาณ์จำลองตามสถานการณ์ที่ออกแบบ โดยการสร้างความรู้พื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งแก่นักเรียนก่อนจัดกิจกรรม ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายมาใช้สร้างแบบจำลองหลอดไฟฟ้าอัตโนมัติ และเขียนบล็อกคำสั่งให้ทำงานอัตโนมัติ ซึ่งผู้วิจัยได้เชื่อมโยงให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานแบบจำลองในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ หลอดไฟโรงรถอัตโนมัติ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟโรงรถทำงานได้อัตโนมัติ สอดคล้องกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า

"นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟในโรงรถทำงานได้อัตโนมัติได้"
(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนบางคนเขียนลากเส้นเพื่อเชื่อมโยงลำดับของผังงานไม่ถูกต้อง มีการเขียนลูกศรผิดทิศทางจากแนวคำตอบที่ถูกต้อง สอดคล้องกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กล่าวว่า

"การเขียนผังงานมีนักเรียนบางคนเขียนหัวลูกศรกลับทิศ และในชั่วโมงเรียนครั้งนี้พบปัญหานักเรียนติดกิจกรรมอื่นที่ต้องขอเวลาไปทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนรีบทำและเกิดความผิดพลาดในการเขียนผังงานในครั้งนี้"
(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

"ครูควรทบทวนความรู้ก่อนเริ่มกิจกรรมในครั้งต่อไปเพื่อให้นักเรียนและทำความเข้าใจในการเขียนผังงานให้ถูกต้องครบถ้วนทุกคน"
(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงได้ทำการทบทวนความรู้เรื่องการเขียนผังงานก่อนที่นักเรียนจะทำกิจกรรมในแบบบันทึกกิจกรรม เพื่อทำความเข้าใจเพิ่มเติมแก่นักเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนผังงานได้ดีขึ้นดังผลสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"นักเรียนทุกคนสามารถเขียนผังงานได้ถูกต้อง"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

การเขียนโปรแกรมในวงปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ครูมีการยกตัวอย่างคำสั่ง และทบทวนคำสั่งเซนเซอร์ (senser)ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ออกแบบทำให้นักเรียนทุกคนสามารถทำกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCodeเพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองได้แก่ หลอดไฟฟ้าติดผนัง และไฟประดับรั้วโรงเรียนให้ทำงานได้อัตโนมัติได้ โดยมีนักเรียนบางคนไม่สามารถ Download ไฟล์บล็อคคำสั่งที่เขียนได้สำเร็จแล้ว จึงมีการสอบถามเพื่อนและครูผู้สอน ทำให้ทราบวิธีการ Download ไฟล์บล็อกคำสั่งลงบอร์ด micro:bit ได้ทุกคน และพบปัญหานักเรียนบางคนออกแบบบล็อกคำสั่งแล้วทำให้แบบจำลองไม่ทำงานตามที่ออกแบบไว้ นักเรียนจึงสอบถามเพื่อนๆ ในกลุ่มและสอบถามครูผู้สอนทันทีทำให้สามารถแก้ปัญหาบล็อกคำสั่งที่ทำงานผิดพลาดและส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนคำสั่งให้บอร์ด micro:bit ควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชิ้นงานหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติให้ทำงานได้ครบทุกคนสอดคล้องกับครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวว่า

"นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟติดผนังทำงานอัตโนมัติได้ทุกคน มีนักเรียนหลายคนสามารถเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างในชีวิตประจำวันได้"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 29 มกราคม 2564)

"นักเรียนเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในชิ้นงานหลอดไฟประดับรั้วอัตโนมัติได้ทุกคน"

(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 การวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน ควรมีลักษณะดังนี้

1. การเตรียมความพร้อมในการเขียนผังงานโดยการจัดเตรียมภาพผังงานให้ครบถ้วนสมบูรณ์ไม่คลุมเครือ เตรียมตัวอย่างคำ ลูกศรแสดงลำดับการเขียนผังงานให้ครบถ้วน

มีการอธิบายสัญลักษณ์ของผังงาน และเน้นย้ำความถูกต้องของผังงานเพื่อให้ผังงานสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน

2. การทบทวนคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลองที่กำหนด การยกตัวอย่างคำสั่ง เซนเซอร์(sensor) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสถานกาณ์จำลองตามสถานการณ์ที่ออกแบบ โดยควรสร้างความรู้พื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งแก่นักเรียนก่อนจัดกิจกรรม และจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อให้นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อการบูรณาการการเรียนรู้กับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งได้อย่างราบรื่น

นอกจากนี้ผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ร่วมสังเกตได้สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ และพบว่านักเรียน มีความชื่นชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังการสะท้อนของนักเรียนที่กล่าวว่า

"ชอบที่เรียนด้วยสถานการณ์แบบนี้ อยากให้ครูจัดกิจกรรมแบบนี้อีก เพราะเรียนแล้วหนูเข้าใจ และได้เขียนโปรแกรมให้หลอดไฟเปิดเปิดได้อัตโนมัติด้วยสนุกมากคะ"

(นักเรียน n13, แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 22 มกราคม 2564)

"ครูคะเมื่อไรจะได้เขียนโปรแกรมอีกหนูชอบและอยากไปเขียนโปรแกรมแล้วคะ"

(นักเรียน n10, แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 25 มกราคม 2564)

"ครูครับสนุกมากเลยครับ ผมได้เขียนโปรแกรมให้หลอดไฟทำงานอัตโนมัติได้"

(นักเรียน n3, แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 29 มกราคม 2564)

"ครั้งหน้าผมเตรียมอุปกรณ์มาเพิ่มได้ไหมครับ"

(นักเรียน n5, แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 29 มกราคม 2564)

ดังนั้น ผู้วิจัยสรุปผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ และแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
	1	2	3	
ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)	การนำภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ มาให้นักเรียนได้ศึกษาและแยกปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟฟ้าไม่ติดมาให้นักเรียนที่ได้รับการแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาร่วมกันและแจกเอกสารประกอบการเรียนรู้ โดยในวงรอบที่ 1 พบว่าคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมควรตั้งคำถามให้ชัดเจนและสอดคล้องกับภาพสถานการณ์จำลองที่ใช้ในแบบบันทึกกิจกรรม	การเพิ่มคำถามโดยมีการระบุชื่อและสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าช่วยให้นักเรียนมีการเขียนภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์และใช้อธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าได้ดีขึ้นในวงจรต่อไป วงจรที่ 2 พบว่าภาพสถานการณ์จำลองที่ใช้ควรมีสัญลักษณ์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ภาพได้ถูกต้องมากขึ้นว่าหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานกำลังปิดหรือเปิดอยู่ และควรอธิบายเพิ่มเติมให้ผู้เรียนเข้าใจภาพสถานการณ์ก่อนทำกิจกรรม	การเพิ่มสัญลักษณ์ให้เห็นภาพชัดเจนว่ามีหลอดไฟดวงใดที่กำลังติดอยู่บ้าง และการอธิบายเพิ่มเติม รวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันตลอดการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาและเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3	1. การออกแบบสถานการณ์จำลองเพื่อแยกปัญหา ควรใช้สถานการณ์จำลอง เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อย โดยภาพสถานการณ์จำลองที่เลือกใช้จะต้องสื่อความหมายได้ชัดเจน ตรงกับเนื้อหาวงจรไฟฟ้าที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2. การอธิบายแนวทางการแยกปัญหา ครูควรอธิบายเพิ่มเติมเมื่อแจกภาพสถานการณ์จำลอง กระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันตลอดการทำกิจกรรม 3. การตั้งข้อคำถามเพื่อแยกปัญหา ควรให้นักเรียนเขียนภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์เพื่อใช้อธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าจากภาพสถานการณ์จำลอง

ตาราง 18 (ต่อ) **แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
	1	2	3	
ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)	การสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหา โดยในวงจรที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุแนวโน้มของปัญหาจากสถานการจำลองได้ ครูควรอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจว่าเป็นการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถระบุแนวโน้มของปัญหาได้ดีขึ้นในวงจรต่อไป	ในวงรอบที่ 2 พบว่าการใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาหลักของสถานการณ์จำลองและใช้พิจารณาแนวโน้มของปัญหา ควรมีการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันร่วมกันกับนักเรียนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น	การเพิ่มการอธิบายความหมายและใช้คำถามนำสู่การระบุแนวโน้มของปัญหา พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน ในวงรอบที่ 3 พบว่านักเรียนทุกคนสามารถบอกรูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาและมีการเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น	1. การสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหาโดยการอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจว่าเป็นการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ควรมีคำว่า เมื่อเราพบ... ถ้าเราพบ ... เมื่อเห็น... ถ้า...แล้ว... อยู่ด้านหน้าของประโยค ซึ่งทำให้นักเรียนเขียนแนวโน้มของปัญหาได้ถูกต้อง 2. การใช้คำถามนำสู่การระบุปัญหาหลักของสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้พิจารณาแนวโน้มของปัญหา ควรมีการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันร่วมกันกับนักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและระบุความคล้ายกันของปัญหาที่พบได้

ตาราง 18 (ต่อ) แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
	1	2	3	
ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)	การใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยการให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลของปัญหาวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองในแบบบันทึกกิจกรรมที่มีข้อคำถามชัดเจน	การปรับปรุงข้อคำถามในแบบบันทึกกิจกรรม เรื่องการหาคำตอบให้อยู่ในรูปปัญหาหลัก เพื่อให้นักเรียนแยกข้อมูลที่สำคัญได้ง่ายมากขึ้น ก่อนให้นักเรียนทำกิจกรรมในวงจรต่อไปทำให้ กิจกรรมวงรอบที่ 2 พบว่า นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาได้ดีขึ้น และครูควรเพิ่มคำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้คิดและแสดงข้อคิดเห็นในการเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	-การเพิ่มคำถามปลายเปิดแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงข้อคิดเห็นในการเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าที่พบในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนเขียนตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น ในวงรอบที่ 3 ซึ่งพบว่านักเรียนเขียนตัวอย่างข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น	1. การใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยการให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลของปัญหาวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองในแบบบันทึกกิจกรรมที่มีข้อคำถามชัดเจน มีการระบุคำสั่งให้นักเรียนเขียนระบุตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานร่วมกันภายในกลุ่ม

ตาราง 18 (ต่อ) แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
	1	2	3	
ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)	การเตรียมความพร้อมในการเขียนผังงานโดยการจัดเตรียมภาพผังงานให้ครบถ้วนสมบูรณ์ไม่คลุมเครือ มีการทบทวนคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลองที่กำหนดและเซนเซอร์(sensor) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสถานกาณ์จำลองและมีการยกตัวอย่างคำสั่ง และทบทวนคำสั่งเซนเซอร์ (senser)ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ออกแบบ เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งให้ชิ้นงานทำงานได้ถูกต้องตามผังงานงานที่ได้ออกแบบ	การอธิบายสัญลักษณ์ของผังงาน และเน้นย้ำความถูกต้องของผังงานเพื่อให้ผังงานสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน ในวงรอบที่ 2 ทำให้นักเรียนเขียนผังงานได้ การทบทวนคำสั่งเซนเซอร์ (senser)ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ออกแบบ เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งให้ชิ้นงานทำงานได้ถูกต้องตามผังงานงานที่ได้ออกแบบ	การเน้นย้ำความถูกต้องของผังงานเพื่อให้ผังงานสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน ทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถเขียนผังงานได้และมีการประยุกต์ใช้คำสั่งจากโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อเขียนคำสั่งควบคุมบอร์ด micro:bit ในชิ้นงานให้ทำงานได้ตามผังงานที่ออกแบบได้ดียิ่งขึ้น	1. การเตรียมความพร้อมในการเขียนผังงานโดยการจัดเตรียมภาพผังงานให้ครบถ้วนสมบูรณ์ไม่คลุมเครือ เตรียมตัวอย่างคำลูกศรแสดงลำดับการเขียนผังงานให้ครบถ้วน มีการอธิบายสัญลักษณ์ของผังงานและเน้นย้ำความถูกต้องของผังงานเพื่อให้ผังงานสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน 2. การทบทวนคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลองที่กำหนด ยกตัวอย่างคำสั่งเซนเซอร์(sensor) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสถานกาณ์จำลองตามสถานการณ์ที่ออกแบบ โดยสร้างความรู้พื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งแก่นักเรียนก่อนจัดกิจกรรมเพื่อเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งได้อย่างราบรื่น

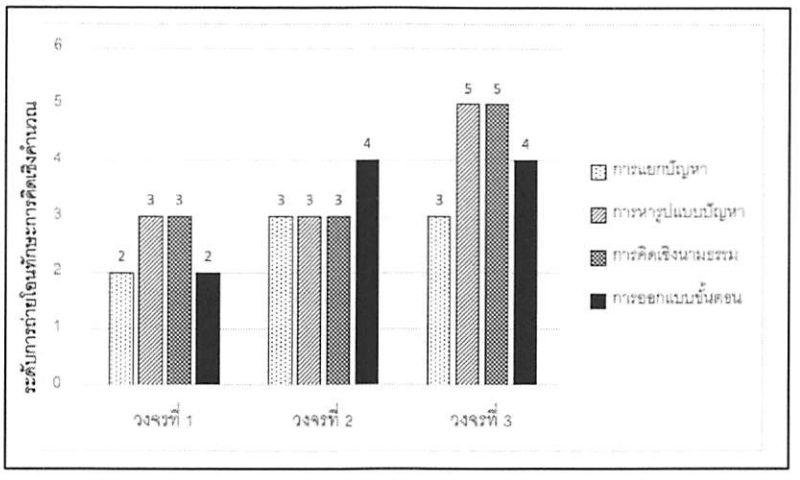
ตอนที่ 2 ผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้หรือไม่ อย่างไร

จากคำถามวิจัยข้อที่ 2 การเรียนการรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้หรือไม่ อย่างไร

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว โดยผู้วิจัยได้แสดงผลการวิจัยเป็น 1) ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร 2)ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณจากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร และ 3) ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้า โดยผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

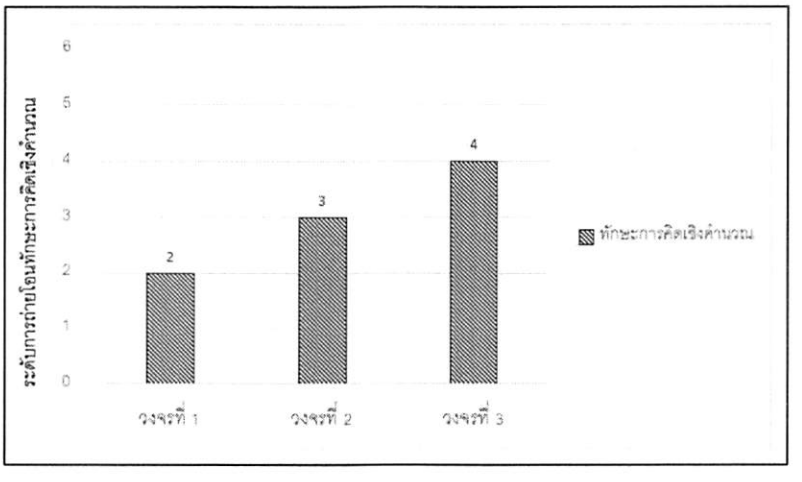
1. ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร

ผลวิจัยนี้ได้จากการวิเคราะห์แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรไฟฟ้า ของนักเรียนที่ได้รับมอบหมายให้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งนักเรียนจะบันทึกผลงานของตนเองลงในแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อเป็นร่องรอยในการแสดงทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบทั้ง 3 วงจร โดยผลการวิจัยการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก Peel et al. (2019) ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 แสดงดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณใน 3 วงจร

จากภาพ 3 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเพิ่มสูงขึ้นทั้งหมด โดยสังเกตได้จากระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณของทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 ทักษะของแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่าทักษะการหารูปแบบปัญหาและการคิดเชิงนามธรรมมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยสูงที่สุดในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ในวงจรที่ 3 รองลงมาคือ ทักษะการออกแบบมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้และทักษะแก้ปัญหามีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณต่ำสุดอยู่ในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ในวงจรที่ 1 เมื่อพิจารณาระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยของทุกองค์ประกอบในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะได้ผลดังภาพ 4



ภาพ 4 แสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณวงจรที่ 1 ถึง 3 โดยเฉลี่ย

จากภาพ 4 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากวงจรที่ 1 ถึง วงจรที่ 3 ซึ่งพิจารณาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาจากแบบบันทึกกิจกรรม โดยนักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ทักษะการแยกปัญหา (Decomposition)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการแยกปัญหา โดยมีการระบุปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ และสามารถบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ในกลุ่มตลอดจนการนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานไม่ได้ โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การอธิบายสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"โรงไฟฟ้าอาจส่งไฟมาไม่ถึงหลอดไฟเพราะไฟดับ และเกิดจากหลอดไฟขาดทำให้ไฟฟ้าดับ"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 88.88 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"สถานการณ์ที่ 2 สาเหตุที่วงจรไฟฟ้าไม่ทำงานคือเพราะหลอดไฟฟ้าแตกเกิดจากการโยนลูกบอลเข้ามาทางหน้าต่างทำให้ลูกฟุตบอลถูกหลอดไฟฟ้าแตก"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

"มีคนบอกว่าห้องมืดจังเพราะไม่ได้เอาคัทเอาท์ขึ้น ถ้าจะให้สว่างต้องเอาขึ้น"

(N15, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

"สถานการณ์ที่ 4 หนูกัดสายไฟ เพราะมีของวางอยู่บนโต๊ะจึงทำให้หนูปีนขึ้นไปกัดสายไฟได้"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

"ไฟดับเพราะไม่ได้ยกคัทเอาท์ขึ้น หรือหนูอาจจะปีนไปกัดสายไฟทำสายไฟขาดไปเลยดับสังเกตุได้ที่อยู่อยู่ใกล้สายไฟ"

(N8, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

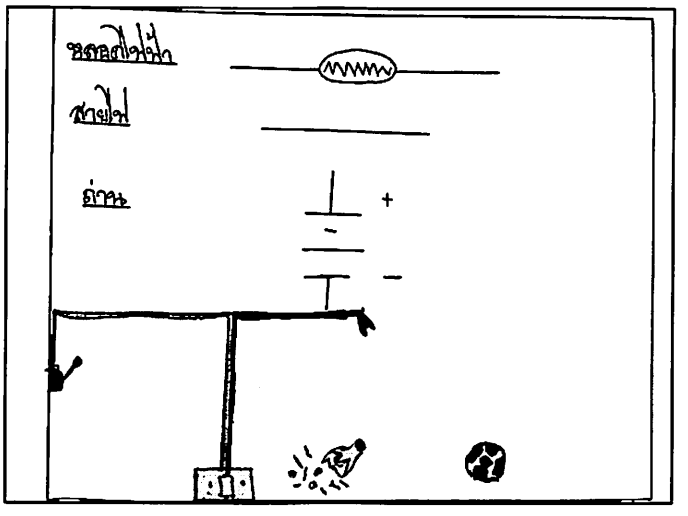
นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถระบุปัญหาโดยใช้ความรู้ที่มีแยกประเด็นปัญหาได้ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเท่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 1 ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ลูกบอลได้ไปโดนกระจกแตกหลอดไฟก็เลยหล่น"

(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 18 มกราคม 2564)

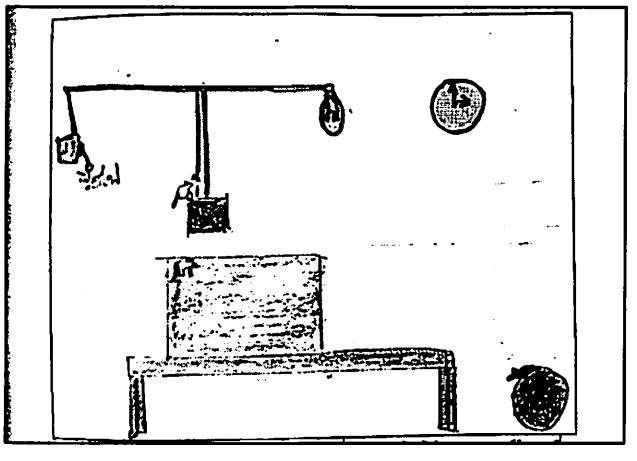
การวาดภาพและบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้อธิบายปัญหา

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 44.48 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบคำอธิบายซึ่งมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N11, แบบบันทึกกิจกรรม 1.2, 18 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 55.52 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่เดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพวงจรไฟฟ้าแต่ไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังภาพ 6



ภาพ 6 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ไม่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบคำอธิบายซึ่งมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N14, แบบบันทึกกิจกรรม 1.2, 18 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการแยกปัญหา โดยมีการระบุปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ สามารถบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ในกลุ่มตลอดจนการนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานไม่ได้และมีการเชื่อมโยงปัญหาหลอดไฟฟ้าไม่ติดกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การอธิบายสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 55.56 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ไม่ได้ยกสะพานไฟทำให้วงจรไฟฟ้าถูกเปิดออกหลอดไฟจึงไม่ติดทั้งสองหลอดเพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบอนุกรม"

(N10, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 25 มกราคม 2564)

"ลูกบอลถูกปาเข้ามาทางหน้าต่างจึงทำให้หลอดไฟแตก ทำให้หลอดไฟไม่ติดเพราะเป็นการต่อไปแบบอนุกรม"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 25 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 44.44 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"หลอดไฟขาดเพราะหลอดไฟใช้มานานมากแล้ว อีกหลอดที่สองอาจไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟ"

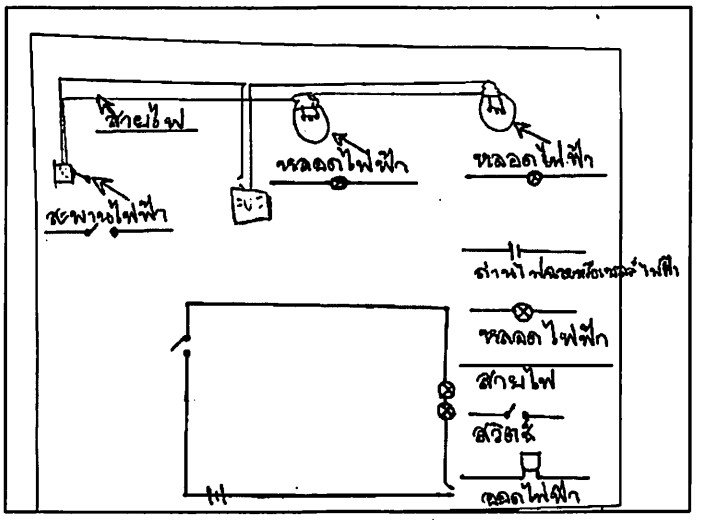
(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 25 มกราคม 2564)

"สถานการณ์ที่ 4 คาดว่าหนูกัดสายไฟขาดจึงเปิดสวิตซ์แล้วไฟจึงไม่ติดเพราะสายไฟถูกหนูกัดขาด"

(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 25 มกราคม 2564)

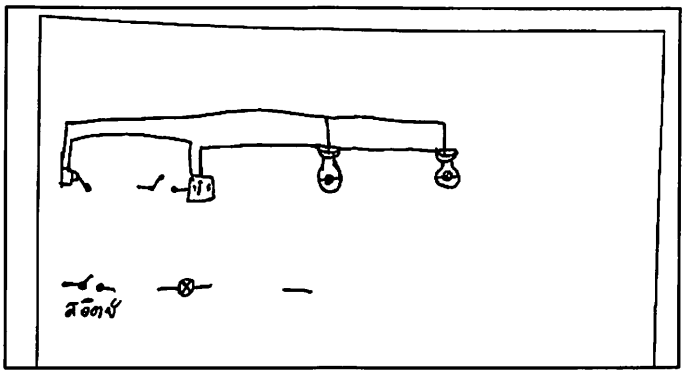
การวาดภาพและบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้อธิบายปัญหาที่พบ

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนร้อยละ 83.4 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังภาพ 7



ภาพ 7 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N3, แบบบันทึกกิจกรรม 1.2, 18 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.6 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพวงจรไฟฟ้าแต่ไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเท่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่ไม่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N6, แบบบันทึกกิจกรรม 1.2, 18 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการแยกปัญหา โดยมีการระบุปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ สามารถบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ในกลุ่ม สามารถนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานไม่ได้และมีการเชื่อมโยงปัญหาหลอดไฟฟ้าไม่ติดกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การอธิบายสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 55.56 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 ไส้หลอดไฟหลอดที่ 1 ขาดจึงทำให้ไฟไม่ติดแต่หลอดไฟหลอดที่ 2 ยังติดอยู่ เราสามารถพบในชีวิตประจำวันได้เช่น ที่บ้านหรือที่โรงเรียนเพราะเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"สาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงานคือไส้หลอดไฟขาดแต่อีกดวงหนึ่งยังติดเพราะเป็นการต่อแบบขนานเพราะเคยเห็นที่บ้านและตามงานต่างๆ"

(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.24 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"เพราะสายไฟขาด และไม่ได้เปิดไฟจึงทำให้ไฟไม่ติดสองหลอด เมื่อเปิดไฟจึงไม่ติด"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.2 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

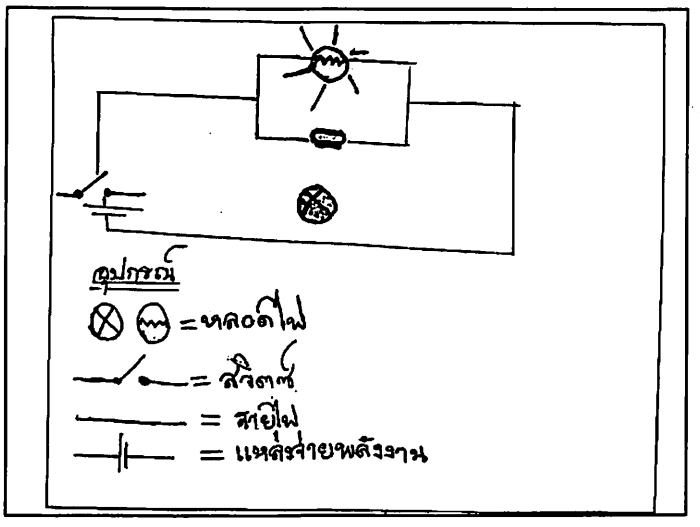
"อาจมีคนยกคัทเอาท์ขึ้น ทำให้ไฟไม่ติด"

(N13, บันทึกกิจกรรมที่ 1.1, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

การวาดภาพและบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้อธิบายปัญหาที่พบ

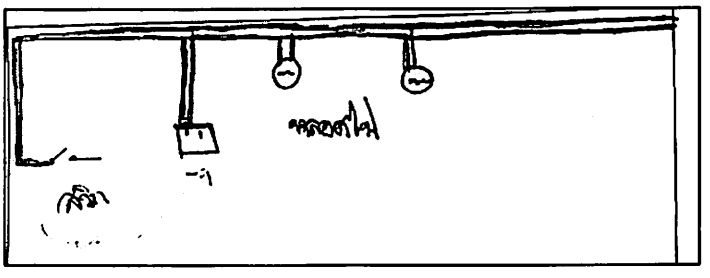
จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนร้อยละ 55.56 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบ

คำอธิบาย ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบแบบใกล้ ดังภาพ 9



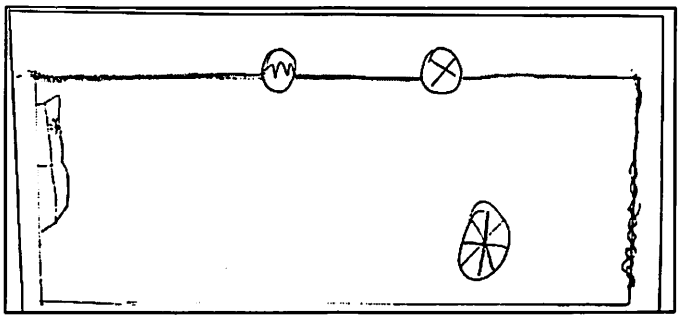
ภาพ 9 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N12, แบบบันทึกกิจกรรม1.2, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.24 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่เดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบาย ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบแบบบริบท ดังภาพ 10



ภาพ 10 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N7, แบบบันทึกกิจกรรม1.2, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.2 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่จากสถานการณ์ได้ พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบาย ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังภาพ 11



ภาพ 11 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ไม่ระบุชื่อแต่เขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N13, แบบบันทึกกิจกรรม1.2, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

ทักษะการหารูปแบบปัญหา (Pattern recognition)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการหารูปแบบของปัญหา โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุแนวโน้มของปัญหาและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายรูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติด โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 11.12 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ สามารถแยกรูปแบบของปัญหาและมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียน จะมี

ระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสูบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 12

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 1	เส้นลวดในหลอดไฟขาด	ใช้งานเกินไปทำให้ลวดในหลอดไฟขาด
2	ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 2	ลูกบอลกระเด็นเข้าบ้านแล้วลูกบอลตกไฟแตก	มีโทรเรียน เพื่อนโทรมาแจ้งเตือนให้ไปเอา

ภาพ 12 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบคำอธิบายและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N8, แบบบันทึกกิจกรรม2.1, 19 มกราคม 2564)

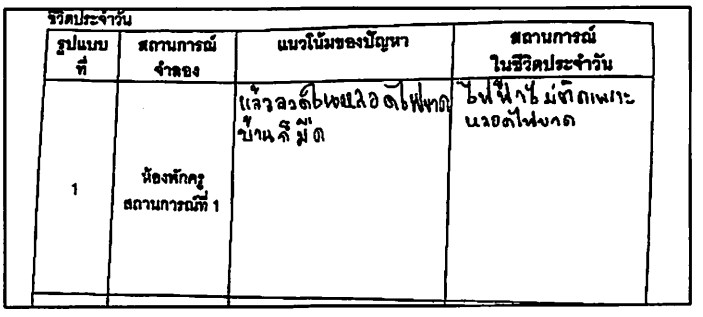
นักเรียนร้อยละ 72.28 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 13

ชีวิตประจำวัน

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 1	เส้นลวดในหลอดไฟขาด	ใช้งานเกินไปทำให้ลวดในหลอดไฟขาด

ภาพ 13 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนปัญหาแทนแนวโน้ม เขียนสถานการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบคำอธิบาย และมีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N2, แบบบันทึกกิจกรรม2.1, 19 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.6 มีการระบุปัญหาแทนการเขียนแนวโน้มจากสถานการณ์ แต่สามารถแยกรูปแบบของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 14


ชีวิตประจำวัน

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 1	แล้วลวดโลหะในไฟฟ้าถูกบ้านมีมีด	ไฟฟ้าไม่ติดเพราะนอดไฟขาด

ภาพ 14 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนปัญหาแทนแนวโน้ม ไม่ระบุสถานการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบคำอธิบาย และมีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N8, แบบบันทึกกิจกรรม2.1, 19 มกราคม 2564)

การระบุปัญหาที่มีความคล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายปัญหาที่มีความคล้ายกัน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุความคล้ายกันของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"สถานการณ์ที่ 1-4 มีปัญหาเหมือนกันคือ ไฟไม่ติด เพราะวงจรไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร หรือ วงจรไฟฟ้าถูกตัดเพราะเกิดจากหนูกัดสายไฟหรือ หลอดไฟแตก จึงทำให้ไฟฟ้าไม่ติด หรือใช้งานไม่ได้"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 19 มกราคม 2564)

"ตั้งแต่สถานการณ์ที่ 1-4 มีความคล้ายกัน คือ ไฟฟ้าดับเพราะสายไฟขาดทำให้ไฟดับ หลอดไฟเสียและแตก ทำให้ไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร"

(N8, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 19 มกราคม 2564)

"เหมือนกันตรงที่ไฟไม่ติด เพราะสายไฟอาจขาดหรือวงจรเสียหาย ทำให้ไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร"
(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 19 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการหารูปแบบของปัญหา โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

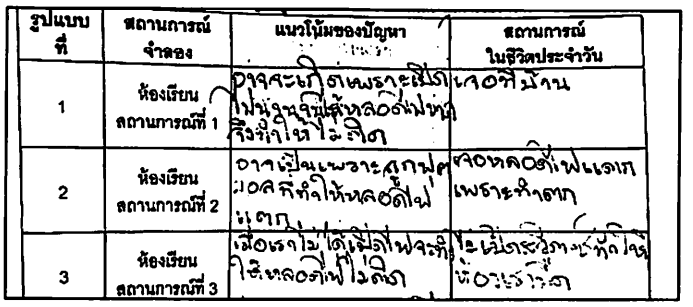
การระบุแนวโน้มของปัญหาและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายรูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติด โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 16.6 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 15

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 1	[illegible]	[illegible]
2	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 2	[illegible]	[illegible]

ภาพ 15 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N11, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 26 มกราคม 2564)

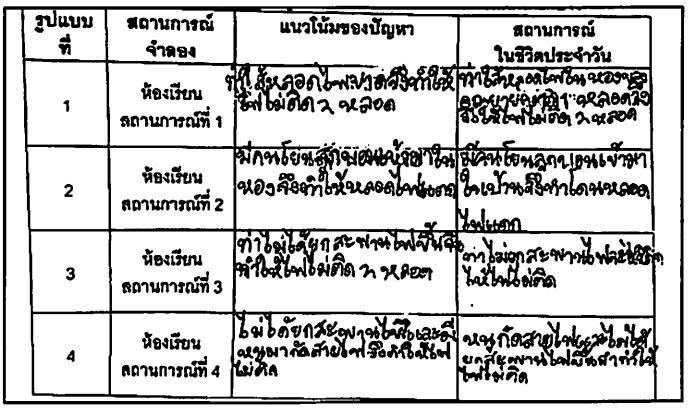
นักเรียนร้อยละ 55.56 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์เดิมในชีวิตประจำวันเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 16



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 1		
2	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 2		
3	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 3		

ภาพ 16 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์เดิมในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3
(N12, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 26 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 27.84 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่กำหนด เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 17



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 1		
2	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 2		
3	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 3		
4	ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 4		

ภาพ 17 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ไม่ระบุแนวโน้ม แต่เขียนระบุสถานการณ์ที่กำหนด มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2
(N2, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 26 มกราคม 2564)

การระบุปัญหาที่มีความคล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายปัญหาที่มีความคล้ายกัน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุความคล้ายกันของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ทุกสถานการณ์มีความคล้ายกันคือหลอดไฟฟ้าไม่ติดเพราะในแต่ละสถานการณ์ต่อไปฟ้าแบบอนุกรม จึงทำให้อีกหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดหนึ่งจะติด ในชีวิตประจำวันก็จะพบปัญหาแบบนี้ได้บ่อยครั้ง เช่น หนูอาจกัดสายไฟขาด หลอดไฟแตกหรือไส้หลอดขาดเพราะหลอดไฟใช้มานานแล้ว ในปัจจุบันการต่อไฟฟ้าแบบอนุกรมไม่ค่อยมีเพราะถ้าหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหนึ่งหลอดก็จะไม่ติด"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 26 มกราคม 2564)

"ไฟไม่ติดเหมือนกันทุกสถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์เกิดขึ้นจาก ไส้หลอดไฟขาด หลอดไฟแตก ไม่ได้ยกสะพานไฟ สายไฟขาด การต่อสายไฟเป็นแบบอนุกรมเมื่อมีไฟหลอดหนึ่งดับหรือเสีย ไฟอีกหลอดหนึ่งจะไม่ติดเหมือนกันทุกหลอด"

(N9, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 26 มกราคม 2564)

"ในแต่ละสถานการณ์มีปัญหาที่คล้ายกัน คือ ในแต่ละสถานการณ์จะมีปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้าบางสถานการณ์ไม่ติดเพียงหลอดเดียวและบางสถานการณ์ก็จะมีปัญหาแตกต่างออกไปเช่น หลอดไฟแตก ไส้หลอดขาด หรือหนูกัดสายไฟ ในแต่ละสถานการณ์จะตัดตั้งไฟเป็นแบบอนุกรม จึงทำให้หลอดไฟไม่ติด ถ้าหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดหนึ่งก็จะไม่ติดเช่นกัน ในชีวิตประจำวันก็จะพบปัญหาแบบนี้บ่อยครั้ง เช่น หนูอาจจะกัดสายไฟขาดหรือไส้หลอดขาดเพราะหลอดไฟใช้มานานแล้ว บางที่หลอดไฟก็จะแตกเพราะอาจจะปาสิ่งของมาโดนหลอดไฟ ในปัจจุบันการต่อไฟแบบอนุกรมไม่ค่อยมีเพราะถ้าหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดหนึ่งก็ไม่ติด"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 26 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการหารูปแบบของปัญหา โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

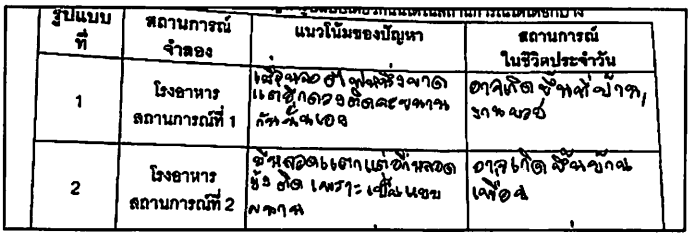
การระบุแนวโน้มของปัญหาและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายรูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติด โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 77.84 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 18

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 18 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 (N10, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

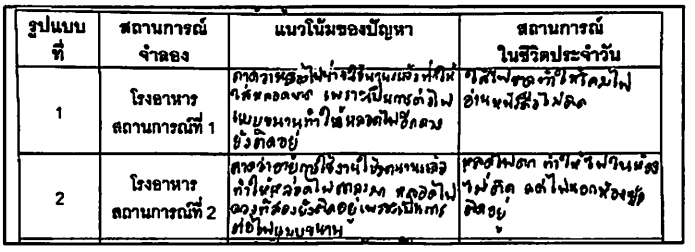
นักเรียนร้อยละ 11.12 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียน จะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 19



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1	เสียงดังมาจากเครื่องปั่นน้ำผลไม้	อาคารเรียน ห้องเรียน
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2	ห้องสอบเงียบแต่ห้องสอบข้างๆ ดัง เพราะเปิดเพลงดังมาก	อาคารเรียน ห้องเรียน

ภาพ 19 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N7, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

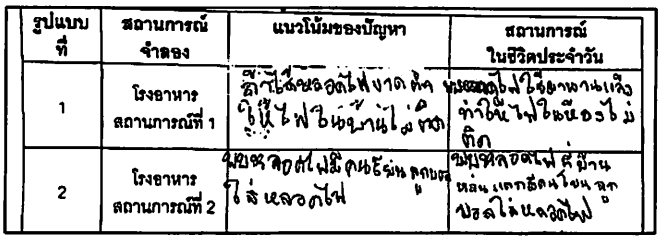
นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 20



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 20 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N6, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียน จะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 21



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	แนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1	ถ้าไม่มีหลอดไฟดวงใดดวงหนึ่งขาด ดวงอื่นๆ ก็ไม่ติด	หลอดไฟในโรงอาหารเสีย ทำให้ไฟในหลอดไม่ติด
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2	ถ้าหลอดไฟมีคนอื่นถอดออก ไม่มีหลอดไฟ	หลอดไฟในบ้านหลอดหนึ่งขาด ทำให้ไม่มีแสงสว่าง

ภาพ 21 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ตามที่กำหนด มีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2

(N1, แบบบันทึกกิจกรรม 2.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

การระบุปัญหาที่มีความคล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนอธิบายปัญหาที่มีความคล้ายกัน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุความคล้ายกันของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ทุกสถานการณ์มีความคล้ายกันคือ ถ้าหลอดไฟอีกหลอดไม่ติดแต่อีกหลอดจะติดเพราะทุกสถานการณ์เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานและเราสามารถพบสถานการณ์พวกนี้ได้ที่ บ้าน งานวัด โรงเรียน โรงอาหาร นอกจากนี้ยังพบการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น เครื่องซักผ้า พัดลม หม้าหุงข้าว TV เป็นต้น"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"สิ่งที่เหมือนกันในภาพเหตุการณ์ 1-4 คือ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานเมื่อไฟ 1 ดวงไม่ติดแต่อีกดวงก็ยังติดอยู่ แต่หากวงจรไฟฟ้าถูกเปิดออกก็จะไม่ติดแต่สามารถพบการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ที่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องซักผ้า พัดลม ตู้เย็น หม้อหุงข้าว"

(N10, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"สถานการณ์ที่ 1 กับ 2 มีความคล้ายกันคือ หลอดไฟเสียหรือแตก ยกตัวอย่าง เช่น สิ่งของที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าเสียจะไม่สามารถใช้งานได้ สถานการณ์ที่ 3 และ 4 จะมีการไม่ได้เปิดไฟหรือสายไฟถูกตัดขาดจะมีความคล้ายกันคือ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะเป็นส่วนมากที่ใช้แบบขนานจะพบได้ที่ บ้าน ร้านค้า และที่อื่นๆ"

(N12, บันทึกกิจกรรมที่ 2.2, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

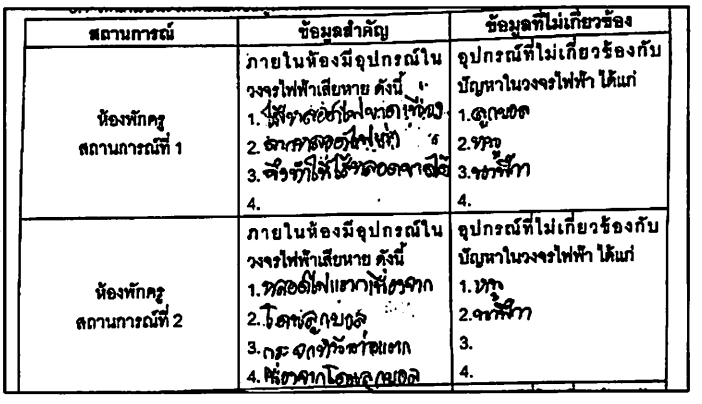
ทักษะการคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนามธรรม โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแยกข้อมูลให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

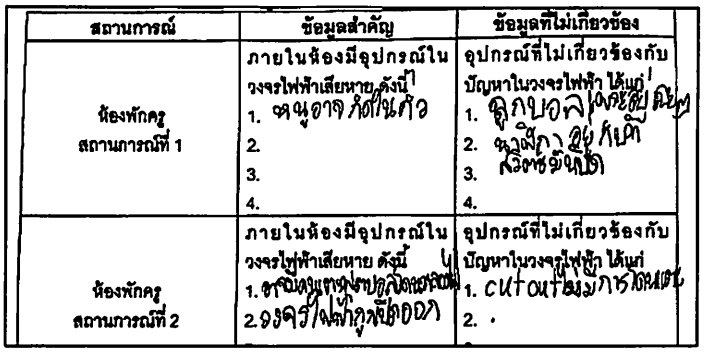
จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 55.56 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังภาพ 22



สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 1	ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้ 1. 2. 3. 4.	อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. 2. 3. 4.
ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 2	ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้ 1. 2. 3. 4.	อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. 2. 3. 4.

ภาพ 22 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ระบุข้อมูลสำคัญและสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N14, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 19 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 44.44 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลักและแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 23



สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 1	ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้ 1. หนูอาจ ล้มในห้อง 2. 3. 4.	อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. ลูกบอล 2. หนังสือ 3. สวิตช์ไฟ 4.
ห้องพักครู สถานการณ์ที่ 2	ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้ 1. 2.	อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. cutout 2.

ภาพ 23 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนข้อมูลที่สำคัญสถานการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบคำอธิบาย และมีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N5, แบบบันทึกกิจกรรม3.1, 19 มกราคม 2564)

การเขียนข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังดังตัวอย่างคำตอบ ของนักเรียน

"เราควรทำห้องให้สะอาดหรือเก็บสายไฟให้ดีหนูจะได้ไม่กัดสายไฟ และวงจรไฟฟ้ามีดังนี้ หลอดไฟ สายไฟ สวิตซ์ไฟ อยู่ในสภาพปกติจึงจะทำงานได้"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 19 มกราคม 2564)

"หลอดไฟ สวิตซ์ สายไฟ แบตและแหล่งจ่ายไป เราจะต้องดูแลอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้ครบ เราควรเก็บสายไฟให้เรียบร้อยไม่ให้รุงรังเพื่อที่หนูจะได้ไม่มากัด"

(N8, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 19 มกราคม 2564)

"วงจรปิดให้ไฟฟ้าติด ประกอบด้วย สวิตช์ สายไฟ แบตเตอรี"

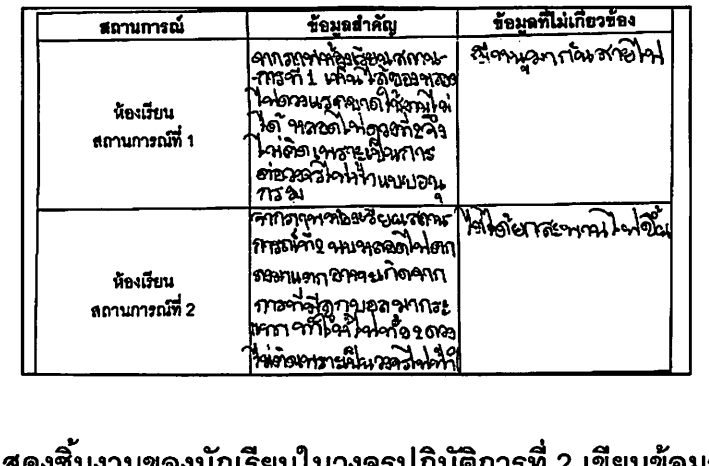
(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 19 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนามธรรม โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแยกข้อมูลให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

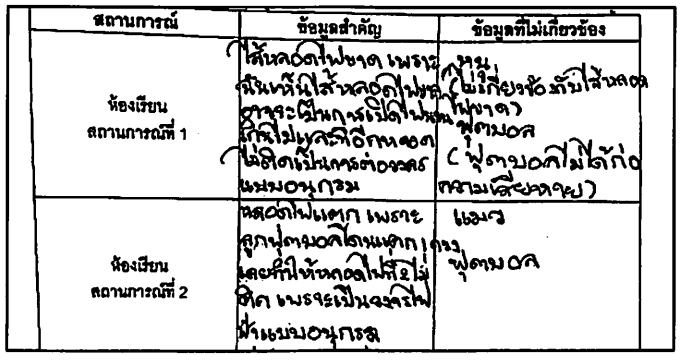
จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนพิจารณาคำตอบให้อยู่ ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 55.56 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายปัญหาเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังภาพ 24



สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 1		
ห้องเรียน สถานการณ์ที่ 2		

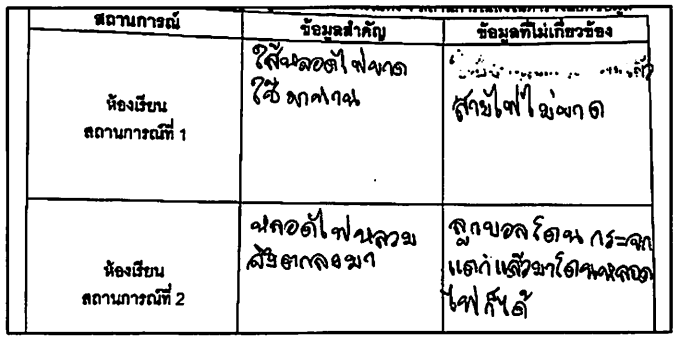
ภาพ 24 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เขียนข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในสถานการณ์ชีวิตประจำวันประกอบคำอธิบาย และมีระดับการถ่ายโอนทักษะ การคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N10, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 26 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 38.88 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 25



ภาพ 25 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เขียนข้อมูลที่สำคัญในสถานการณ์เดิมในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N12, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 26 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 26



ภาพ 26 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เขียนข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์ที่กำหนด มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N7, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 26 มกราคม 2564)

การเขียนข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังดังตัวอย่างคำตอบ ของนักเรียน

"การที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมทำงานได้คือเราควรตรวจสอบว่าหลอดไฟฟ้าไส้ขาดหรือสายไฟขาดหรือไม่ และเราควรรักษาอย่างไรให้หลอดไฟฟ้าใช้งานได้ทั้ง 2 ดวง เช่น เราควรตรวจสอบการใช้งานของอุปกรณ์และเราจะพบสถานการณ์นี้ในชีวิตประจำวัน คือ ถ่านของเล่น ถ่านรีโมท เป็นต้น"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 26 มกราคม 2564)

"ทำให้วงจรไฟฟ้าเป็นวงจรแบบปิดและอุปกรณ์ต้องไม่เสียหายถึงจะทำให้การต่อแบบอนุกรมทำงานได้ ตัวอย่างการใช้งานวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเช่นในอุปกรณ์ รีโมท ไฟฉาย ของเล่น"

(N9, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 26 มกราคม 2564)

"การต่อไฟฟ้าแบบอนุกรมถ้าหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดหนึ่งก็ไม่ติด เพราะฉะนั้นเราควรดูแลทั้งสองหลอดให้ดีหรือตรวจสอบว่าไส้หลอดขาดหรือสายไฟขาดหรือไม่ เราพบการต่อไฟแบบอนุกรมได้ที่ ถ่านรีโมท หรือถ่านที่อยู่ในของเล่นต่างๆ"

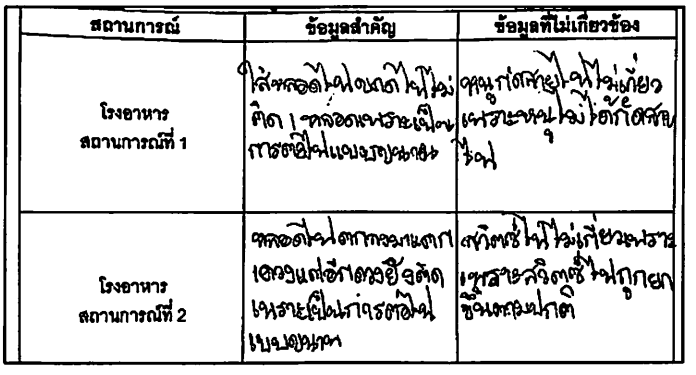
(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 26 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนามธรรม โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแยกข้อมูลให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

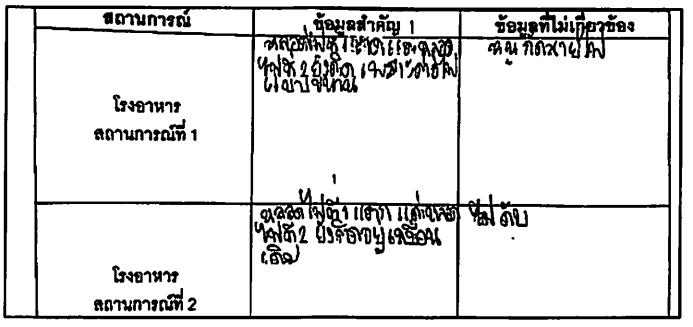
จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรม ของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 77.84 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 27



สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 27 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 (N10, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลักและแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 28

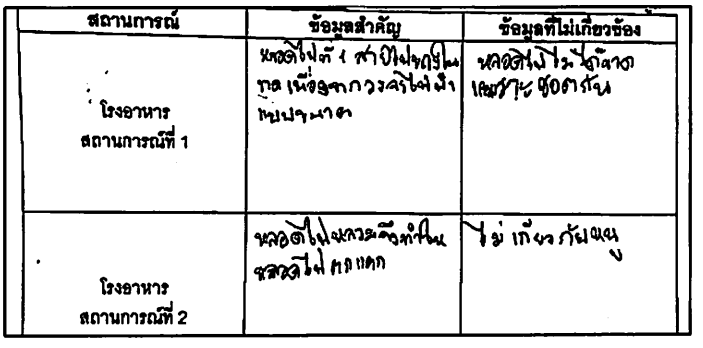


สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ 1	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 28 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4

(N5, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.6 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 29



สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 29 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3

(N7, แบบบันทึกกิจกรรม 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

การเขียนข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลง

ในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"เมื่อเราจะทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้ง่ายคือ เราควรตรวจสอบการใช้งานของหลอดไฟ สายไฟ cutout ว่ามีอายุการใช้งานได้นานหรือไม่เช่น เมื่อเราไม่ได้กดหม้อข้าวจะทำให้แม่บ่นแล้วก็โดนด่า เครื่องซักผ้าเมื่อเราไม่ได้เสียบปลั๊กหรือตั้งเวลาการซักก็จะไม่ทำงาน"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"สิ่งสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรปกติดีไม่ได้รับความเสียหาย ตัวอย่างเช่น การเปิดพัดลมหากเสียบปลั๊กแต่ไม่ได้กดปุ่มหรือกดปุ่มแต่ไม่ได้เสียบปลั๊กวงจรไฟฟ้าในพัดลมก็จะถูกเปิดออกทำให้ใช้งานไม่ได้ แต่ถ้าเสียบปลั๊กพัดลมและกดปุ่มพัดลมวงจรไฟฟ้าในพัดลมก็จะถูกปิดจึงใช้งานได้ตาปกติ"

(N10, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"อุปกรณ์ไฟฟ้าดีไม่เสียหาย เช่น ปลั๊ก ไฟที่เป็นวงจรไฟฟ้าแบบขนานสวิตช์ไม่เสียหายปลั๊กไม่พัง"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 3.1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ทักษะการออกแบบขั้นตอน (Algorithms)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการออกแบบขั้นตอน โดยนักเรียนมีการอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน และออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ด้วยการเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอน และดำเนินการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี

การออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงาน ให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"หลอดไฟเปิดปิดอัตโนมัติ โดยการ มือแล้วเปิด สว่างแล้วดับ มีการต่อ Solar Cell และนำแผง Solar Cell ไปติดไว้บนหลังคา เอาหลอดไฟติดไว้กับบ้าน"

(N8, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 21 มกราคม 2564)

"ผมจะทำหลอดไฟติดเองเมื่อเห็นคนเข้าบ้านของเรา เราจะติดไฟไว้หน้ารั้วบ้านและตรวจจับคนเมื่อเข้าบ้านไฟจะติดเองอัตโนมัติ และทำให้ไฟสว่างและมีเสียงกริ่งๆ"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 21 มกราคม 2564)

"แบบจำลองหลอดไฟฟ้าคือเมื่อเห็นคนเดินผ่านหรือเวลากลางคืนให้ไฟติดตอนกลางวันไฟจะดับโดยการใช้แผง Solar Cell เพราะเราจะชาร์จไฟพลังงานด้วยแสงอาทิตย์"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 21 มกราคม 2564)

"หลอดไฟคำสั่งเสียง ให้คำสั่งเสียงเพื่อปิดเปิดหรือเปลี่ยนสีไฟ"

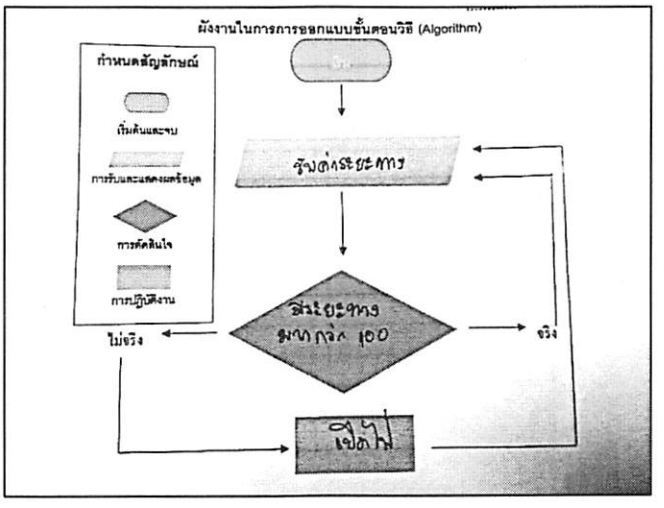
(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 21 มกราคม 2564)

"ตั้งระบบไฟอัตโนมัติไว้ในห้องถ้ามีคนอยู่ไฟติด ไม่มีคนไฟดับอัตโนมัติ"

(N6, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 21 มกราคม 2564)

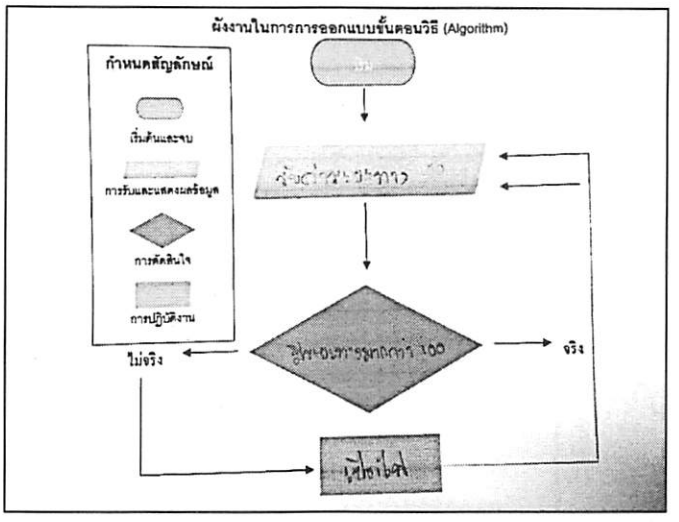
การเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 38.92 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode และมีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังภาพ 30



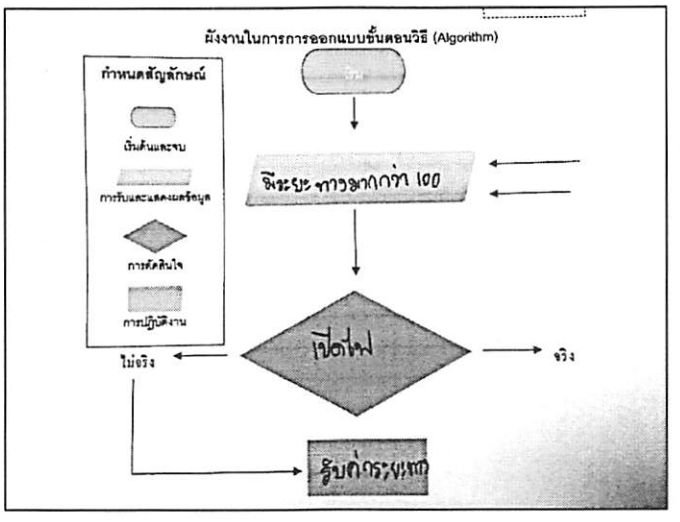
ภาพ 30 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N8, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 21 มกราคม 2564)

นักเรียน ร้อยละ 55.52 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ครบ แต่มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 31



ภาพ 31 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 (N9, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 21 มกราคม 2564)

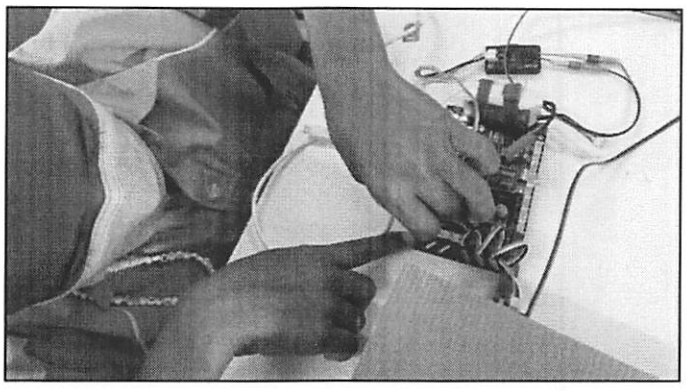
นักเรียน ร้อยละ 5.56 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ถูกต้อง แต่มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 1 ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 32



ภาพ 32 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 1 (N14, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 21 มกราคม 2564)

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอย่างง่ายในแบบจำลอง

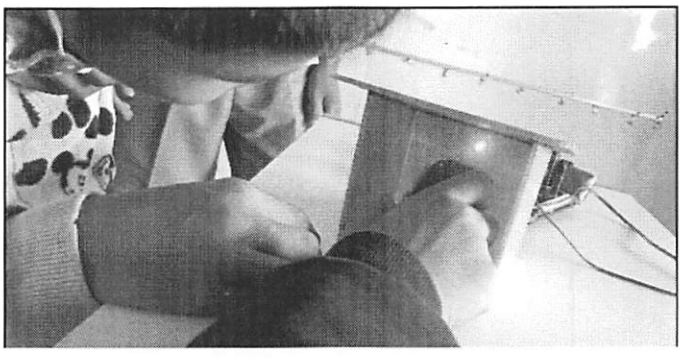
จากผลการตรวจสอบชิ้นงานแบบจำลองที่นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ นักเรียนทุกคนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เพื่อใช้ในการเขียนบล็อกคำสั่งควบคุมชิ้นงานได้ ดังภาพ 33



ภาพ 33 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลอง (G4, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 22 มกราคม 2564)

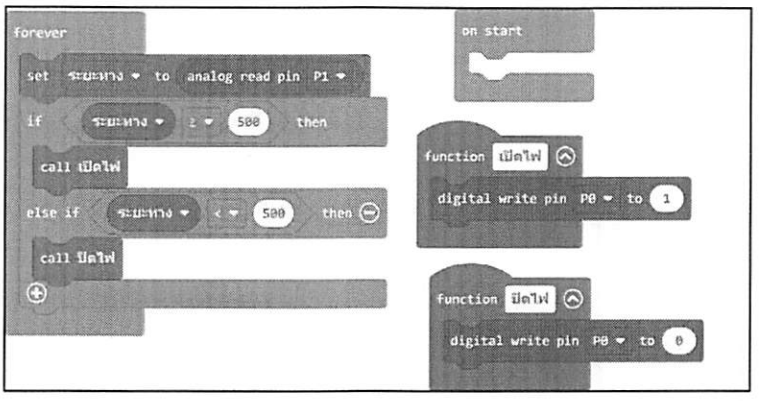
การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode **ควบคุมบอร์ด** micro:bit

จากผลการตรวจสอบภาพบล็อกคำสั่งของนักเรียนจากโปรแกรม Microsoft MakeCode นักเรียนร้อยละ 83.4 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด และ download ไฟล์บล็อกคำสั่งให้สั่งการบอร์ด micro:bit ที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังภาพ 34



ภาพ 34 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3
(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 22 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.6 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งได้สำเร็จแต่ต้องใช้เวลาเพิ่มเติมจากเวลาที่กำหนด โดยการตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขคำสั่งให้ถูกต้องจากเพื่อนๆในกลุ่ม เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ซึ่งมีบล็อกคำสั่งดังภาพ 35



ภาพ 35 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2

(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 22 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการออกแบบขั้นตอน โดยนักเรียนมีการอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน และออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ด้วยการเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอน และดำเนินการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงาน ให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 50 สามารถอธิบายการออกแบบ

ชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่แตกต่างในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"หลอดไฟหน้าบ้านติดตั้งแบบอนุกรม ถ้ามีคนมาเปิดประตูหน้าบ้านไฟหน้าบ้านก็จะติด เมื่อปิดประตูไฟจะดับถ้าไฟหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดหนึ่งก็ไม่ติดแต่จะมีเสียงกระดิ่งดังขึ้นมาแทนแสงไฟ"

(N14, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

"หลอดไฟอัตโนมัติเปิดปิดเอง เมื่อเดินผ่าน 50 เมตร จะติดเอง ถ้ามากกว่า 50 เมตร จะดับ แก้ปัญหาการสัมผัสสวิตช์ ลดเชื้อโรคและไฟดูดสามารถป้องกันขโมยได้"

(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

"ไฟติดรั้วบ้านเมื่อเวลากลางคืนให้ไฟติดโดยกำหนดระยะเวลาในการทำงานของไฟเมื่อถึงเวลาเช้าไฟดับและการชาร์จพลังงานจะชาร์จด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะจะแก้ปัญหาเรื่องความมืดของหน้าบ้านถ้าไฟของเราติดตอนกลางคืนจะช่วยลดความมืดบริเวณหน้าบ้าน"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

นักเรียนร้อยละ 50 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"ไฟตามถนนเมื่อทางมืดไฟจะเปิดอัตโนมัติ เมื่อทางสว่างหรือเช้าแล้วไฟก็จะปิดอัตโนมัติ การทำไฟข้างทางเป็นอนุกรม เมื่อมีดวงใดดวงหนึ่งดับ ไฟก็จะดับทั้งทาง ไฟตามถนนทำให้แก้เรื่องทางมืดก็จะสว่างขับรถได้สะดวกมากขึ้น"

(N9, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

"สร้างไฟที่เป็นแบบอัตโนมัติ เวลามีคนเดินผ่านจะติดหรือสัมผัส เมื่อโดนฝนจะไม่เสีย ใช้พลังงานจากแสงแดดไม่ต้องใช้ไฟฟ้า"

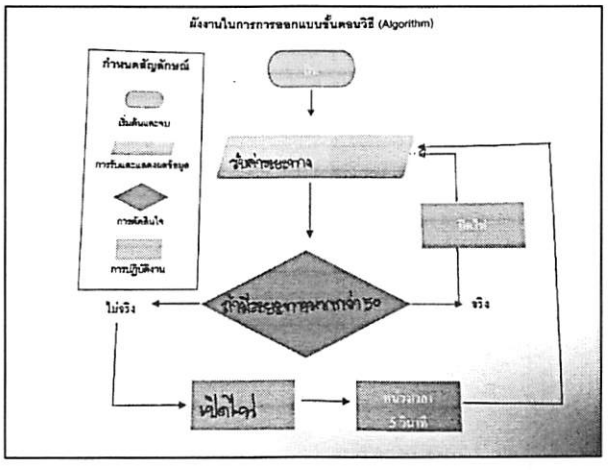
(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

"ติดไฟไว้หน้าบ้านเมื่อมีคนผ่านมาไฟก็จะติดเองดับเอง"

(N1, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 28 มกราคม 2564)

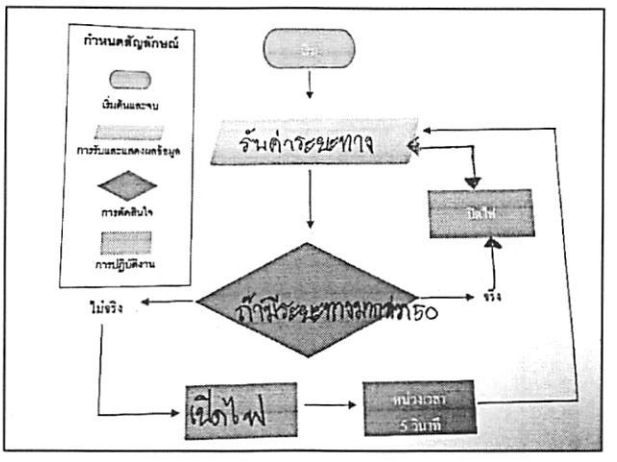
การเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 61.16 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode และมีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 36



ภาพ 36 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N10, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 28 มกราคม 2564)

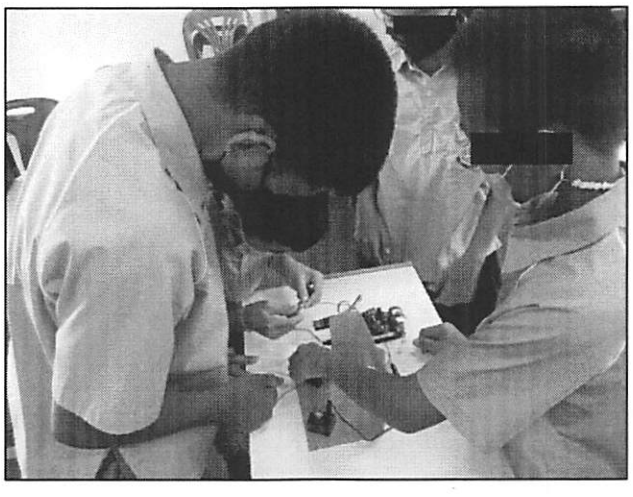
นักเรียน ร้อยละ 38.84 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ครบ แต่มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 37



ภาพ 37 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 28 มกราคม 2564)

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในแบบจำลอง

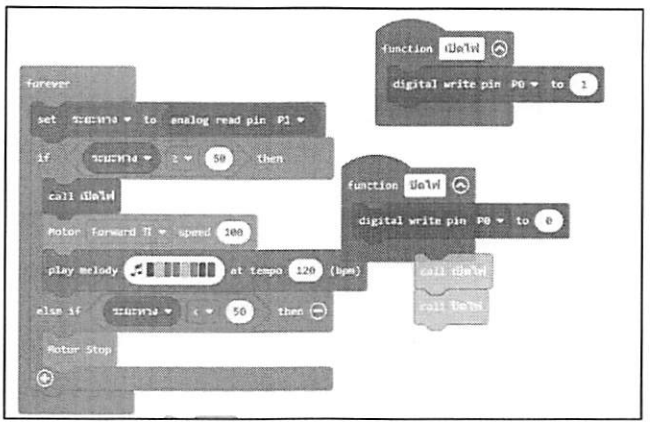
จากผลการตรวจสอบชิ้นงานแบบจำลองที่นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ นักเรียนทุกคนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เพื่อใช้ในการเขียนบล็อกคำสั่งควบคุมชิ้นงานได้ ดังภาพ 38



ภาพ 38 แสดงการต่อชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลอง (G1, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 29 มกราคม 2564)

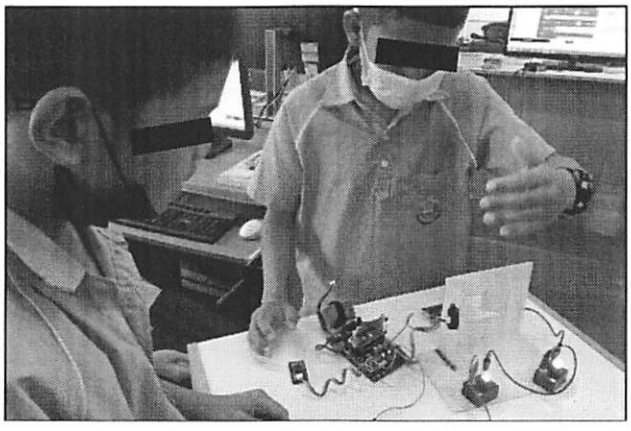
การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit

จากผลการตรวจสอบภาพบล็อกคำสั่งของนักเรียนจากโปรแกรม Microsoft MakeCode นักเรียนร้อยละ 50 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด ดังภาพ 39



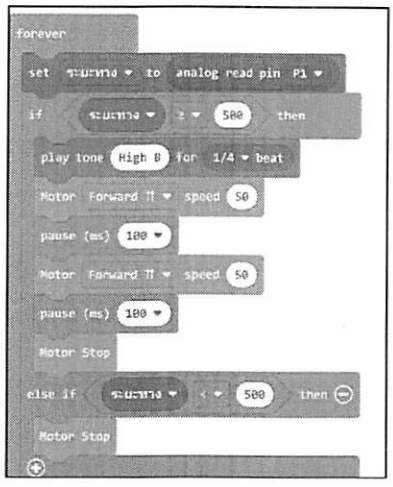
ภาพ 39 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 22 มกราคม 2564)

นักเรียนสามารถ download ไฟล์บล็อกคำสั่งให้สั่งการบอร์ด micro:bit ที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังภาพ 40



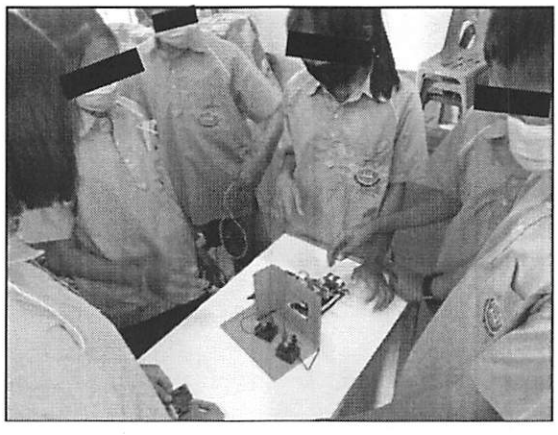
ภาพ 40 แสดงชิ้นงานแบบจำลองของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 22 มกราคม 2564)

จากผลการตรวจสอบภาพบล็อกคำสั่งของนักเรียนจากโปรแกรม Microsoft MakeCode นักเรียนร้อยละ 50 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด ดังภาพ 41



ภาพ 41 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3
(N6, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 29 มกราคม 2564)

นักเรียนสามารถ download ไฟล์บล็อกคำสั่งให้สั่งการบอร์ด micro:bit ที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังภาพ 42



ภาพ 42 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3
(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 29 มกราคม 2564)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการออกแบบขั้นตอน โดยนักเรียนมีการอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน และออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ด้วยการเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอน และดำเนินการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงาน ให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"สัญญาณติดบนรางรถไฟต่อไฟแบบขนานเพื่อความปลอดภัยเมื่อมีรถข้ามรางรถไฟจะมีเสียง เมื่อมีรถไฟผ่านจะดังและไม่เกิดอุบัติเหตุ"

(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 44.44 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"ผมจะสร้างหลอดไฟไว้รั้วบ้าน สร้าง 2 หลอด ประดับรั้วบ้าน และตรงแปลงผัก เปิด ปิดตามเวลาที่ตั้งไว้ ตรงแปลงผัก เพื่อเราจะต้องรถน้ำทุกวันจะได้สว่างเวลารดน้ำผัก และทำให้เปิดปิดอัตโนมัติ"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"หลอดไฟเหมือนไฟที่งานวัด เพราะว่าถ้ามีหลอดไฟหลอดหนึ่งดับแต่หลอดที่เหลือยังติดอยู่ ที่ไฟที่เหลือติดอยู่เพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนานและใช้ในชีวิตประจำวันได้ คือไฟที่บ้านถ้าไฟที่บ้านดับ 1 หลอด หลอดที่ 2 ก็ยังติดเหมือนเดิม"

(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.24 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติมีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์ การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"หลอดไฟที่ใช้แผ่นโซลาเซลล์การที่มีคนเดินผ่านจะเกิดการติดอัตโนมัติ แล้วตอนกลางวันหลอดไฟก็จะเก็บแสงไว้ และเป็นหลอดไฟประดับบ้านด้วย เมื่อเราเข้าบ้านจะทำให้เราเดินทางอย่างสะดวกสบาย แล้วตั้งค่าแสงด้วยเวลาคนเดินผ่านก็จะสว่างพอดี ถ้ามีคนเดินมามากก็เพิ่มปริมาณแสงตามระดับ และก็ดับเองได้"

(N15, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"หลอดไฟประดับรั้วหน้าบ้านแล้วตั้งเวลาอัตโนมัติ เมื่อมีคนเดินผ่านและไฟจะติด แต่ถ้าไม่มีคนเดินผ่านสิ่งของต่างๆ ผ่านไปก็จะไม่ติด"

(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 27.76 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติมีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"เป็นการต่อไฟแบบขนานเมื่อหลอดไฟอันหนึ่งเสียสามารถเปิดอีกอันได้"

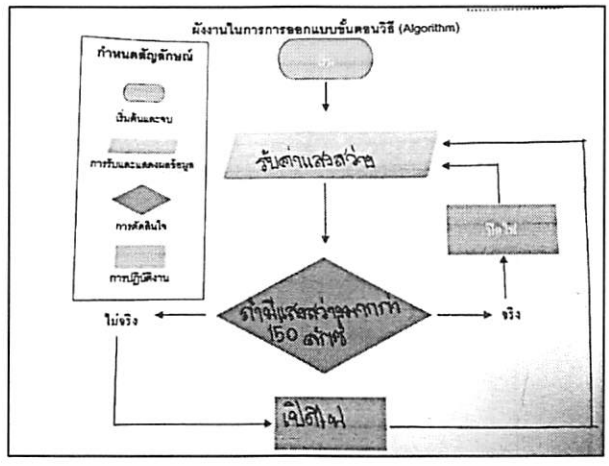
(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"หลอดไฟที่เปิดแบบอัตโนมัติแบบขนานไม่ต้องเปิดแค่เดินผ่าน

(N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.1, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

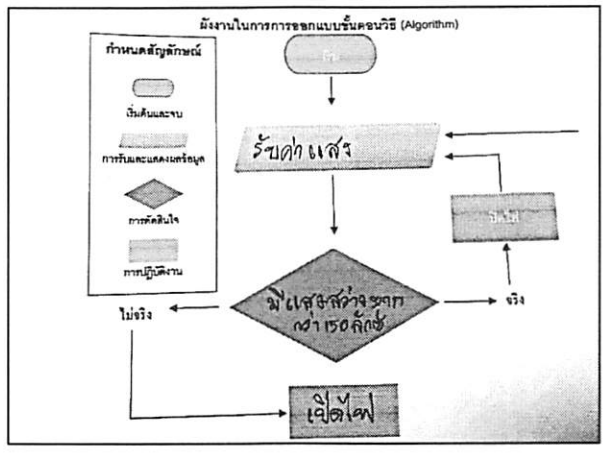
การเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 83.4 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode และมีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 43



ภาพ 43 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 (N10, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

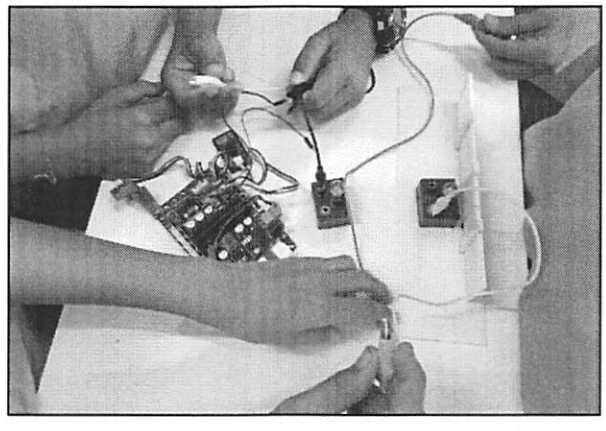
นักเรียน ร้อยละ 16.6 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ครบ แต่มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 44



ภาพ 44 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 (N7, บันทึกกิจกรรมที่ 4.2, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแบบจำลอง

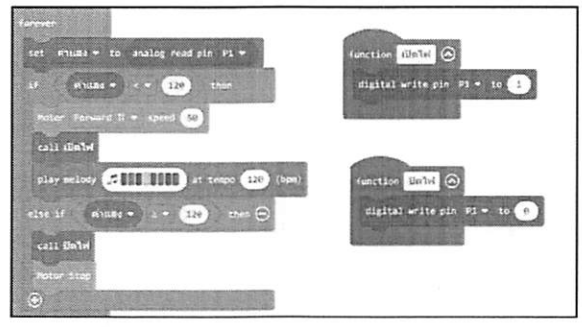
จากผลการตรวจสอบชิ้นงานแบบจำลองที่นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ นักเรียนทุกคนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เพื่อใช้ในการเขียนบล็อกคำสั่งควบคุมชิ้นงานได้ ดังภาพ 45



ภาพ 45 แสดงการต่อชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลอง (G2, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

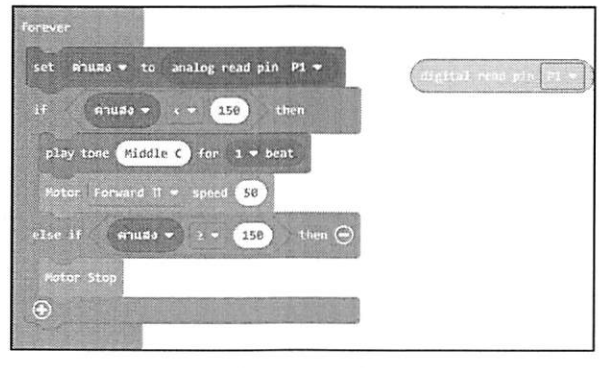
การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode **ควบคุมบอร์ด** micro:bit

จากผลการตรวจสอบภาพบล็อกคำสั่งของนักเรียนจากโปรแกรม Microsoft MakeCode นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 46



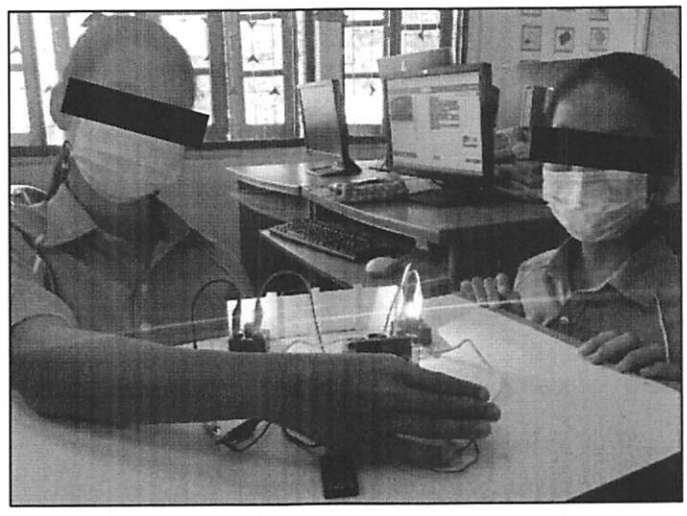
ภาพ 46 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6
(N3, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

มีนักเรียนร้อยละ 44.44 สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ภาพ 47



ภาพ 47 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5
(N5, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

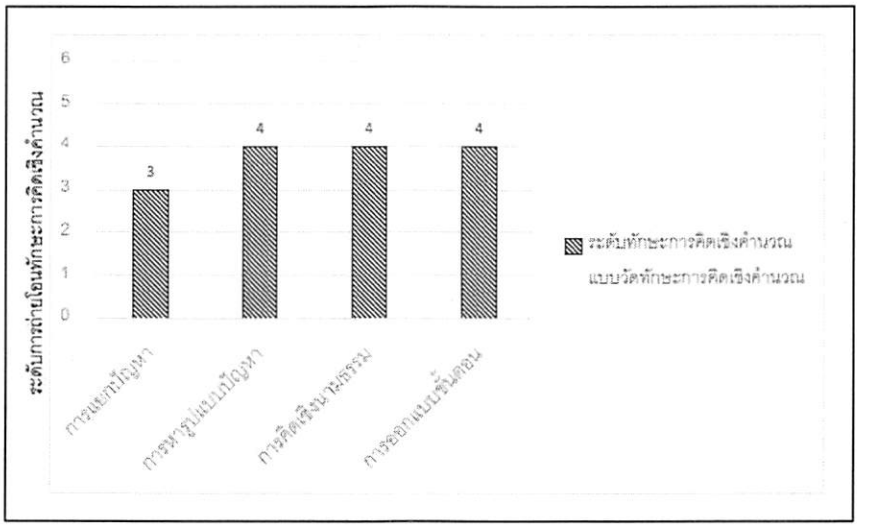
เมื่อนักเรียนเขียนคำสั่งลงในบอร์ด micro:bit เพื่อควบคุมชิ้นงานในแบบจำลองและตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณพบว่า นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังภาพ 48



ภาพ 48 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
(N11, บันทึกกิจกรรมที่ 4.4, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

2. ผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณจากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า

ผลวิจัยนี้ได้จากการวิเคราะห์แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยนักเรียนทุกคนบันทึกผลงานของตนเองเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นร่องรอยในการแสดงทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ โดยผลการวิจัยเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก Peel et al. (2019) หลังการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง แสดงดังภาพ 49



ภาพ 49 แสดงระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

จากภาพ 49 พบว่า นักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ การแยกปัญหา การหารูปแบบปัญหา การคิดเชิงนามธรรม การออกแบบขั้นตอนอยู่ในระดับ 3, 4, 4 และ 4 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ทักษะการแยกปัญหา (Decomposition)

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการแยกปัญหา โดยมีการระบุปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ สามารถบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ในกลุ่ม สามารถนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานไม่ได้และมีการเชื่อมโยงปัญหาหลอดไฟฟ้าไม่ติดกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การอธิบายสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน และเขียนตามความคิดของตนเองลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 16.68 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ มีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิง

คำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ทั้ง 4 สถานการณ์ไฟไม่ติดเพราะว่าวงจรไฟฟ้าเสียหายทำให้วงจรที่เป็นอนุกรมไม่ติดทั้งหมด แต่วงจรที่เป็นแบบขนานยังติด และสามารถพบได้ในชีวิตประจำวันได้ตามสถานที่ต่างๆ เช่น บ้าน โรงเรียน และสถานที่อื่นๆ นอกจากหลอดไฟยังมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกิดการเสียหายได้เหมือนกันเช่น พัดลม ทีวี เตารีด ตู้เย็น เป็นต้น"

(N3, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"สถานการณ์ที่ 1 ไฟไม่ติดอาจเกิดจากการเปิดไฟไว้นานเกินทำให้หลอดไฟร้อนจนดับไป แต่อีก 3 ดวงไม่ดับเพราะเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

สถานการณ์ที่ 2 หลอดไฟแตกอาจเกิดจากการที่ลูกบอลกระเด็นเข้ามาโดนกระจกและหลอดไฟแตกทำให้หลอดไฟแตกแต่อีก 3 หลอดไม่ดับ สามารถพบสถานการณ์แบบนี้ได้ที่โรงเรียน

สถานการณ์ที่ 3 ไฟดับเพราะไม่ได้ยกสวิตซ์ไฟขึ้นทำให้ไฟดับพบสถานการณ์แบบนี้ได้ที่บ้าน เช่น หุงข้าวลืมกดหม้อทำให้ข้าวไม่สุก"

สถานการณ์ที่ 4 ไฟดับเพราะหนูอาจจะกัดสายไฟขาดทำให้ไฟดับพบสถานการณ์แบบนี้ได้ที่บ้านในห้องรับประทานอาหารหนูกัดสายไฟ พัดลม ทำให้พัดลมไม่ติด"

(N8, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"สถานการณ์จำลองที่ 1 คือ หลอดไฟไม่ติด 1 หลอด แล้วที่เหลือติดจึงรู้ว่าเป็นแบบขนาน สถานการณ์จำลองที่ 2 คือ หลอดไฟแตกแต่ไฟยังติด สถานการณ์จำลองที่ 3 คือไม่ได้เปิดไฟทำให้ข้างในห้องน้ำมืด สถานการณ์จำลองที่ 4 คือ มีหนูกัดสายไฟเลยทำให้ทุกหลอดไม่ติด

สรุปได้ว่า ถ้าหลอดไฟหลอดเล็กเกิดความเสียหายไฟทุกดวงก็ติดเหมือนเดิม และถ้าหลอดไฟดวงใหญ่เกิดความเสียหายหลอดที่เหลือจะดับ

นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน คือ ในแต่ละบ้านจะมีวงจร 2 แบบคือ ขนานกับอนุกรม บ้านแต่ละบ้านจะติดแบบนี้เพื่อทำให้มีแสงสว่าง ยกตัวอย่าง เช่น ตู้เย็นและพัดลมที่เสียบปลั๊กเดียวกันเวลาไฟดับก็ดับเหมือนกัน"

(N12, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"ปัญหาที่ 1 หลอดไฟไม่ติดเพราะไส้หลอดขาดทำให้ไฟชุดแรกไม่ติดทั้งชุดหลอดที่ 2 ยังติดอยู่เพราะเป็นการต่อไฟแบบขนาน

ปัญหาที่ 2 หลอดไฟชุดแรกไม่ติดเพราะหลอดไฟตกแตกจึงไม่ติดทั้งชุด แต่หลอดที่ 2 ติดอยู่เพราะเป็นการต่อไฟแบบขนานยกตัวอย่างในชีวิตประจำวัน สายไฟปลั๊กขาดทำให้ชาร์จแบตไม่เข้าพบเจอที่บ้าน

ปัญหาที่ 3 ไฟไม่ติดเพราะไม่ได้ยกสะพานไฟขึ้นในชีวิตประจำวันไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟทำให้ไฟไม่ติด

ปัญหาที่ 4 หนูกัดสายไฟที่สวิตช์ขาดทำให้ไฟไม่ติดทั้ง 2 ชุด ในชีวิตประจำวันคือหนูกัดไฟโทรทัศน์ขาดทำให้ทีวีไม่ติด"

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.68 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"สถานการณ์ที่ 1 ไฟไม่ติดเพราะ ไส้หลอดไฟขาดแต่ไฟดวงอื่นๆ ยังติดอยู่เพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนาน

สถานการณ์ที่ 2 ไฟไม่ติดเพราะ หลอดไฟแตกเกิดจากลูกบอลที่ถูกปาเข้ามาทางหน้าต่าง ไม่ติดเพียงแค่หลอดเดียว การต่อไฟเป็นแบบขนาน

สถานการณ์ที่ 3 ไฟไม่ติดเพราะ ไม่ได้ยกสะพานไฟขึ้นจึงทำให้ไฟไม่ติดทั้งชุดเพราะเป็นการต่อวงจรแบบอนุกรม

สถานการณ์ที่ 4 สาเหตุที่ทำให้ไฟไม่ติดเกิดจากหนูที่กัดสายไฟขาดทำให้ไฟไม่ติด"

(N14, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"สถานการณ์ที่ 1 เป็นการต่อไฟแบบขนานเมื่อหลอดไฟที่ 1 ดับหลอดไฟที่ 2 ก็ยังติดเพราะเป็นการต่อไฟแบบขนาน สถานการณ์ที่ 2 เป็นการต่อไฟแบบขนานเช่นกัน ในชีวิตประจำวันของเราก็มีการต่อไฟแบบขนาน เช่นที่ โรงเรียน หรือโรงไฟฟ้า สถานการณ์ที่ 3 เป็นการต่อไฟแบบอนุกรมถ้าหลอดใดหลอดหนึ่งดับหลอดที่ 2 ก็ดับเพราะเป็นการต่อไฟแบบอนุกรมสถานการณ์ที่ 4 เป็นการต่อไฟแบบอนุกรมเมื่อสายไฟขาด ไฟก็จะไม่ติดทั้งชุด เพราะเป็นการต่อไฟแบบอนุกรม"

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 50 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"สถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์มีปัญหาที่เหมือนกันคือเรื่องของหลอดไฟไม่ติด เพราะบางสถานการณ์เกิดจาก ไส้หลอดไฟขาด หลอดไฟแตก ไม่ได้ยกสะพานไฟขึ้น หนูกัดสายไฟขาดปัญหาเหล่านี้จึงทำให้ไฟไม่ติด ก่อนที่เราจะเปิดไฟควรตรวจเช็กอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย และเราจะพบปัญหาในชีวิตประจำวันที่บ้าน และที่ต่างๆ ที่เราไปเพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบผสม"

(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"จากภาพสถานการณ์ทั้ง 4 ภาพมีปัญหาดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 มีหลอดไฟดวงหนึ่งของชุดที่ 1 ดับ ทำให้หลอดไฟทั้งชุดดับเพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบอนุกรม แต่หลอดไฟชุดที่ 2 ไม่ดับเพราะเป็นการต่อไฟแบบขนาน สถานการณ์ที่ 2 มีหลอดไฟดวงหนึ่งของชุดที่ 1 ตกแตกหลอดไฟทั้งชุดจึงดับเพราะเป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แต่ที่หลอดไฟอีกชุดยังติดเพราะเป็นวงจรไฟฟ้าแบบขนาน สถานการณ์ที่ 3 พบหลอดไฟดับทั้ง 2 ชุดดับอยู่อาจจะเป็นเพราะไม่ได้ยกสะพานไฟขึ้น ทำให้วงจรไฟฟ้าถูกเปิดออกไฟทั้ง 2 ชุดจึงไม่ติด สถานการณ์ที่ 4 หลอดไฟทั้ง 2 ชุดไม่ติดอาจเป็นเพราะหนูกัดสายไฟและที่หลอดไฟทั้ง 2 ชุดไม่ติดเพราะวงจรไฟฟ้าถูกเปิดออก"

(N10, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

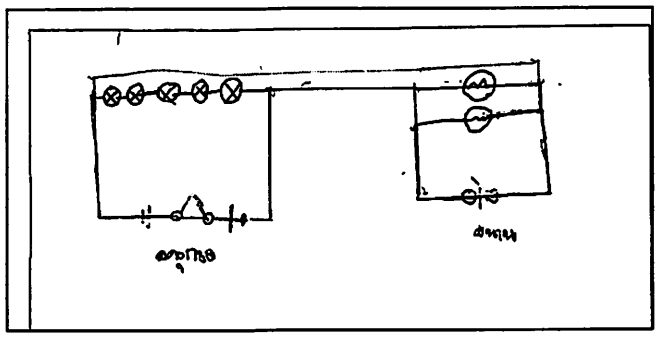
นักเรียนร้อยละ 16.64 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบสู่บริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"สถานการณ์ที่ 1 หลอดไฟไม่ติดเพราะไส้หลอดไฟขาด สถานการที่ 2 ฟุตบอลโดนหลอดไฟทำให้หลอดไฟหล่นแตกแต่ดวงอื่นๆ ไม่ดับเพราะเป็นการต่อไฟแบบขนาน สถานการณ์ที่ 3 ห้องน้ำมืดเพราะไม่ได้ยกสะพานไฟขึ้นเลยทำให้ไฟไม่ติด สถานการณ์ที่ 4 หนูกัดสายไฟขาดและมีคนยกสะพานไฟลงเลยทำให้ไฟไม่ติด"

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

การวาดภาพและบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบายปัญหาที่พบ

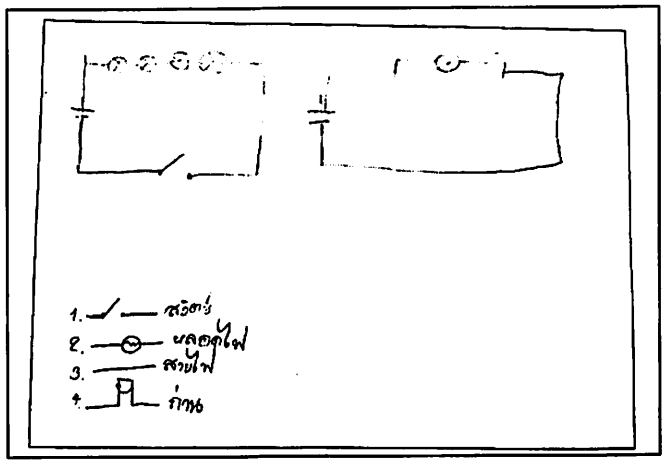
จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนอธิบายสาเหตุของปัญหาที่ทำให้วงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน ลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนร้อยละ 16.68 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบแบบไกล ดังภาพ 50



ภาพ 50 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

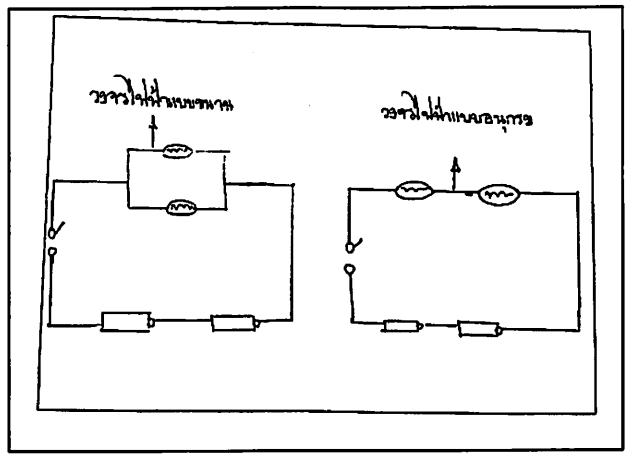
นักเรียนร้อยละ 16.68 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบแบบใกล้ ดังภาพ 51



ภาพ 51 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในระดับ 4

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

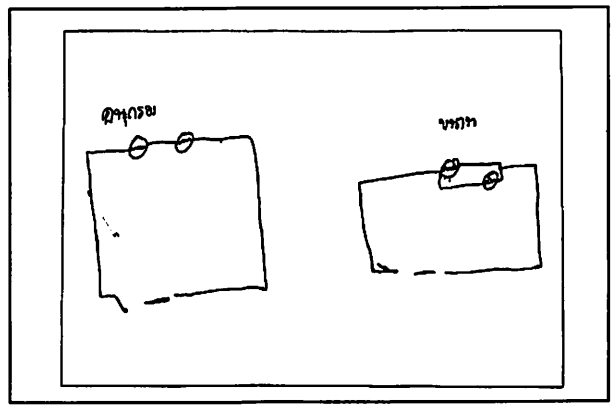
นักเรียนร้อยละ 50 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่เดิมในชีวิตประจำวัน พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การเทียบโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบแบบบริบท ดังภาพ 52



ภาพ 52 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในระดับ 3

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 16.64 สามารถระบุปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้และมีการอธิบายปัญหาที่จากสถานการณ์ได้ พร้อมวาดภาพและเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายซึ่งเมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังภาพ 53



ภาพ 53 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระบุชื่อและสัญลักษณ์ มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2

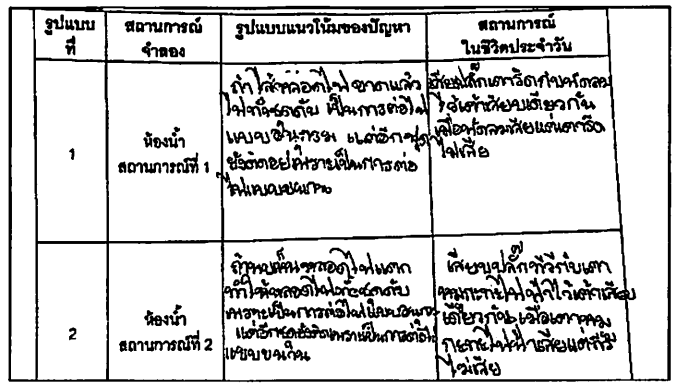
(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

ทักษะการหารูปแบบปัญหา (Pattern recognition)

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการหารูปแบบของปัญหา โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุแนวโน้มของปัญหาและสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

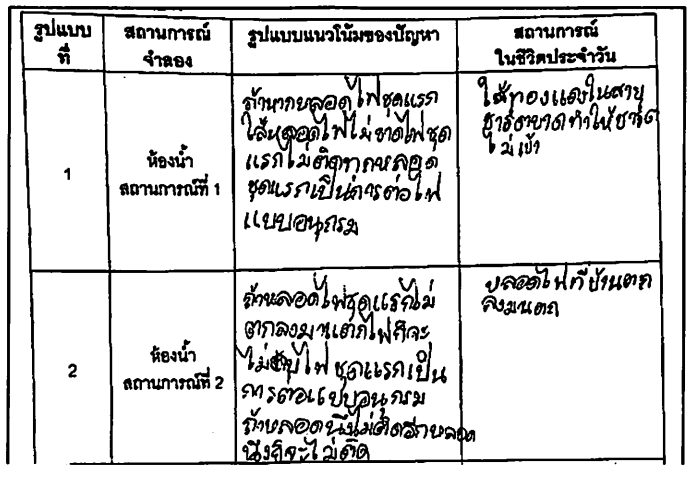
จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนอธิบายรูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติด โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนร้อยละ 33.36 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้วนักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 54



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	รูปแบบแนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องน้ำ สถานการณีที่ 1	ถ้าไส้หลอดไฟขาดแล้วไฟจะดับลง เป็นการต่อไฟแบบอนุกรม ยังสามารถต่อไฟแบบขนานได้	เรียนในห้องเรียนเหมือนกัน ใช้สวิตช์ควบคุมเหมือนกัน เพื่อป้องกันไฟดูด
2	ห้องน้ำ สถานการณีที่ 2	ถ้าหลอดไฟดวงใดดวงหนึ่งขาด ก็ไม่ทำให้หลอดไฟดวงอื่นดับ เพราะเป็นการต่อไฟแบบขนาน แต่ถ้าหลอดไฟดวงใดดวงหนึ่งขาด จะทำให้หลอดไฟดวงอื่นดับ เพราะเป็นการต่อไฟแบบอนุกรม	เรียนรู้ไปด้วยกัน ครูมาสอนไปด้วย ได้เรียนรู้ร่วมกัน เรียนรู้ด้วยกัน เรียนรู้ไปด้วยกัน ครูมาสอนไปด้วย ได้เรียนรู้ร่วมกัน

ภาพ 54 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5
(N10, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 22.24 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 55



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	รูปแบบแนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องน้ำ สถานการณีที่ 1	ถ้าหลอดไฟชุดแรกไส้หลอดไฟไม่ขาดไฟชุดแรกไม่ติดทุกหลอดชุดแรกเป็นการต่อไฟแบบอนุกรม	ใส้ทองแดงในสายชำรุดขาดทำให้ชาร์ตไม่เข้า
2	ห้องน้ำ สถานการณีที่ 2	ถ้าหลอดไฟชุดแรกไม่ติดลองมาเช็กไฟดีๆ ไม่ขัดไฟชุดแรกเป็นการต่อแบบอนุกรม ถ้าหลอดนี้ไม่ติดสายหลุดนั่งคิดๆไม่ติด	หลอดไฟก็ปันตกลงมนตก

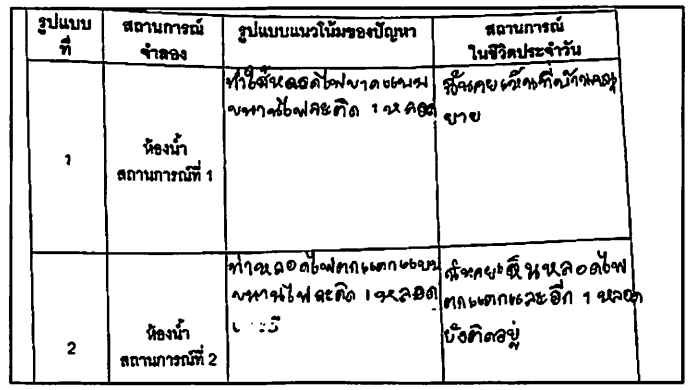
ภาพ 55 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 33.36 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 56

รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	รูปแบบแนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1		
2	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 56 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์เดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3
(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 11.2 สามารถระบุแนวโน้มตามสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 57



รูปแบบที่	สถานการณ์จำลอง	รูปแบบแนวโน้มของปัญหา	สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
1	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	ทำให้หลอดไฟขาดแบบขนานไฟสะดวก 1 หลอด	ที่บ้านเคยเปลี่ยนที่บ้านหนูบาย
2	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	ทำหลอดไฟดับแบบขนานไฟสะดวก 1 หลอด	เปลี่ยนหลอดไฟดับและอีก 1 หลอดบังดับอยู่

ภาพ 57 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระบุแนวโน้มและสถานการณ์เดิมที่กำหนดให้ มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

การระบุปัญหาที่มีความคล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนอธิบายปัญหาที่มีความคล้ายกัน โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุความคล้ายกันของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"ไฟไม่ติดหรือดับแค่หลอดเดียวเป็นการต่อไฟแบบอนุกรมและขนานต่างกันคือการต่อไฟแบบอนุกรมถ้าหลอดใดหลอดหนึ่งไม่ติดอีกหลอดก็จะไม่ติดแต่การต่อแบบขนานถ้าหนึ่งหลอดไม่ติดอีกหลอดก็ยังติดอยู่"

(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.2, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"การต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมซึ่งประกอบไปด้วยการต่อไฟฟ้าแบบขนาน อย่างง่ายและ อนุกรม พบเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้คือ การต่อวงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน"

(N10, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.2, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"ไฟไม่ติดทั้งชุดหรือดับแค่หลอดเดียว การต่อไฟเป็นแบบ อนุกรมและขนานจึงทำให้ดับทั้งหมดหรือดับเพียงหลอดเดียว เช่น ไฟในห้องน้ำ ไฟในร้านอาหาร พัดผม หรือเครื่องซักผ้า

กล่าวคือ การต่อไฟแบบอนุกรม ถ้าหลอดนึ่งไม่ติดอีกหลอดนึ่งก็จะไม่ติด แต่การต่อแบบขนานถ้าหลอดนึ่งไม่ติดอีกหลอดนึ่งก็ยังคงติดอยู่"

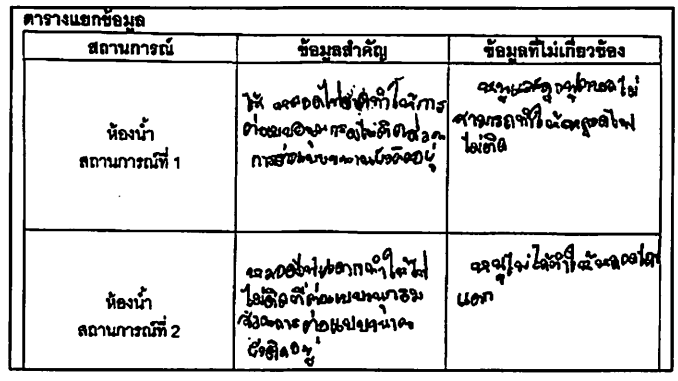
(N14, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2.2, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

ทักษะการคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนามธรรม โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแยกข้อมูลให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 16.6 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายปัญหาเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 58



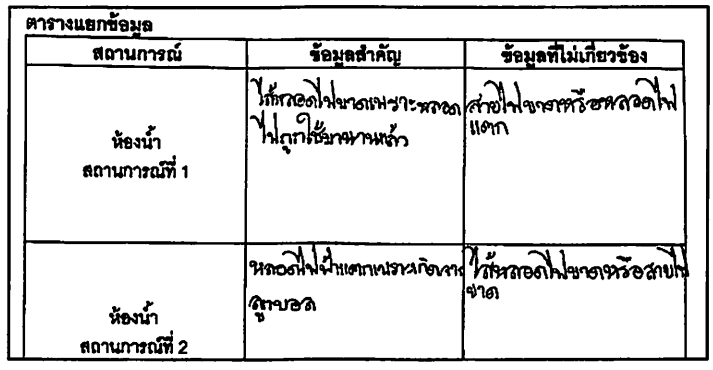
ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1		
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2		

ภาพ 58 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

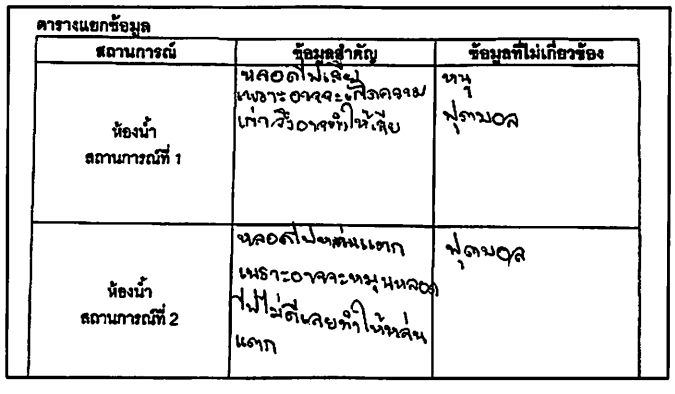
นักเรียนร้อยละ 38.92 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 59


ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	ไม่ต้องเปิดไฟขาดเพราะพลังงานไฟถูกใช้งานหมดแล้ว	สายไฟไขลานหรือหลอดไฟแตก
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	หลอดไฟไม่ติดเพราะหลังจากฟุตบอล	ไม่ต้องเปิดไฟขาดเหรือสายไฟขาด

ภาพ 59 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์ต่างจากเดิมเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 38.92 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในสถานการณ์เดิมที่พบในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 60

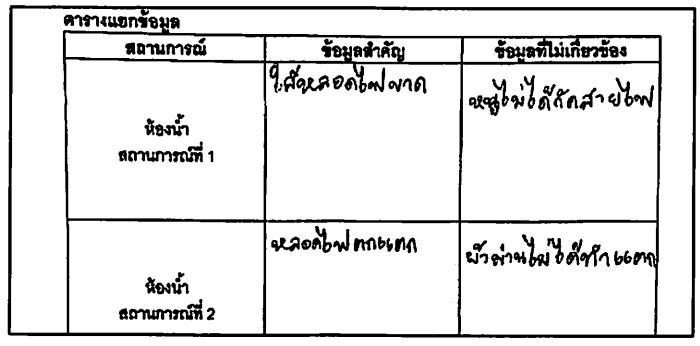

ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	หลอดไฟเสีย เพราะอาจจะเสียดายเงินค่าไฟที่ต้องจ่ายให้เสีย	หนู ฟุตบอล
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	หลอดไฟขาดแตก เพราะอาจจะหมุนหลอดไฟไม่ดีแล้วทำให้หลอดแตก	ฟุตบอล

ภาพ 60 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์เดิมเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3

(N12, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 5.56 สามารถพิจารณาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และแยกข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ที่กำหนดได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2 ถ่ายโอนแบบบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 61



ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	ไส้หลอดไฟขาด	หนูไม่ได้ถักสายไฟ
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	หลอดไฟแตก	ผ้าล่านไม่ได้ทำแตก

ภาพ 61 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนข้อมูลสำคัญด้วยสถานการณ์ที่กำหนดมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 2

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

การเขียนข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ โดยมีการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่านักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

"เปลี่ยนหลอดไฟเมื่อใช้งานมานานแล้วจะทำให้ไส้หลอดไฟไม่ขาดหรือหาผ้ามาคลุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านจะช่วยให้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านไม่เก่าและไม่ชำรุดง่ายและควรทำความสะอาดบ่อยๆ จะได้ไม่มีหนูมากัดสายไฟหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ"

(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"ทำให้วงจรเป็นวงจรสมบูรณ์ และต้องเช็คว่าวงจรสามารถทำงานได้หรือไม่ เช่น สายไฟ หลอดไฟ สวิตช์ไฟ เป็นปกติหรือไม่"

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

"เปลี่ยนหลอดไฟเมื่อใช้งานมานานแล้วไส้หลอดจะได้ไม่ขาดหรือหาผ้ามาคลุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเมื่อไม่ได้ใช้งานและควรทำความสะอาดบ่อยๆ จะได้ไม่มีหนูมากัดสายไฟของเครื่องใช้ไฟฟ้า"

(N14, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 3.1, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

ทักษะการออกแบบขั้นตอน (Algorithms)

จากการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีทักษะการออกแบบขั้นตอน โดยนักเรียนมีการอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน และออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ด้วยการเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอน และดำเนินการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงาน ให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 38.84 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้วนักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"ประตูอัตโนมัติสามารถล็อกปิดเปิดเองได้ และมีสัญญาณกันขโมยตอนกลางคืน และมีไฟที่ปิดเปิดเองได้เพื่อเพิ่มความปลอดภัย"

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

"ประดิษฐ์ไฟติดรั้วบ้านแบบขนาน ใช้ในชีวิตประจำวัน ติดรั้วบ้าน ชาร์จไฟแบบพลังงานแสงอาทิตย์จะเปิดปิดเองแบบอัตโนมัติประดิษฐ์ไฟติดหน้าบ้านแบบอนุกรมใช้ในชีวิตประจำวันติดไฟไว้หน้าบ้าน พลังงานแสงอาทิตย์"

(N8, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

"ไฟประดับห้องนอน หรือสร้างหลอดไฟในห้องนอน ตั้งเวลาอัตโนมัติเวลามีคนเดินเข้าห้องไฟประดับก็จะติด หรือหลอดไฟในห้องก็เช่นกัน ตั้งเวลาอัตโนมัติถ้าหลอดไฟหลอดหนึ่งเสื่อมสภาพใช้งานไม่ได้แต่หลอดอื่นๆ ใช้งานได้เพราะต่อไฟฟ้าแบบขนาน"

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียนร้อยละ 61.16 สามารถอธิบายการออกแบบชิ้นงานให้วงจรไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติ มีการใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างในชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

"ไฟประดับสวนดอกไม้เมื่อเราเข้าไปใกล้ไฟจะติดและเมื่ออยู่ไกลไฟจะดับและมีเสียงเมื่ออยู่ใกล้ที่เราเลือกออกแบบการทดลองนี้จะได้รู้ว่ามีคนมาขโมยดอกไม้ สามารถใช้ในชีวิตประจำวันคือ กันขโมย และเราใช้การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานและอนุกรม"

(N11, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

"ไฟตกแต่งห้องนอนเมื่อเปิดประตูไฟก็จะติดแต่เมื่อปรบมือไฟก็จะดับ"

(N10, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

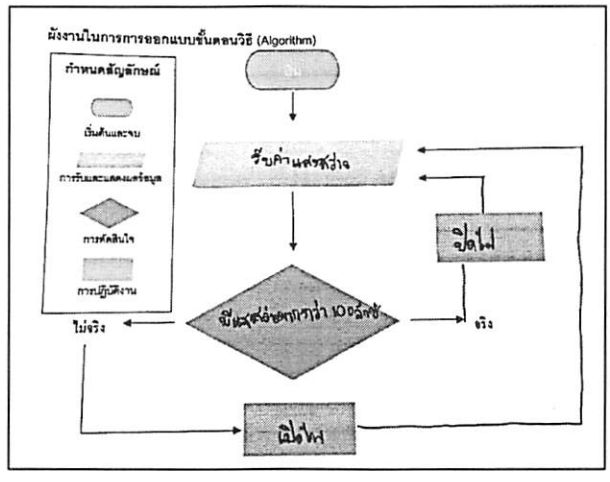
"ประตูอัตโนมัติ ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ในชีวิตประจำวันได้คือ ใช้ติดตั้งไว้หน้าบ้านเพื่อใช้ประโยชน์"

(N9, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 4, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

การเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงาน

จากผลการตรวจสอบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode โดยการปรึกษากันภายในกลุ่มและเขียนตามความคิดของตนเองและกลุ่มลงในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของ

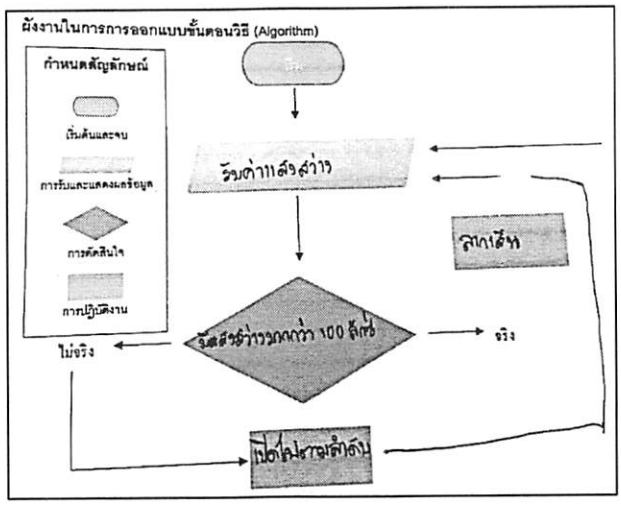
นักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 77.84 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode และมีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 62



ภาพ 62 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4

(N5, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 5, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

นักเรียน ร้อยละ 22.16 สามารถเขียนผังงานเพื่อเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ครบ แต่มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการออกแบบชิ้นงานได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนจะมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3 ถ่ายโอนบริบท ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 63

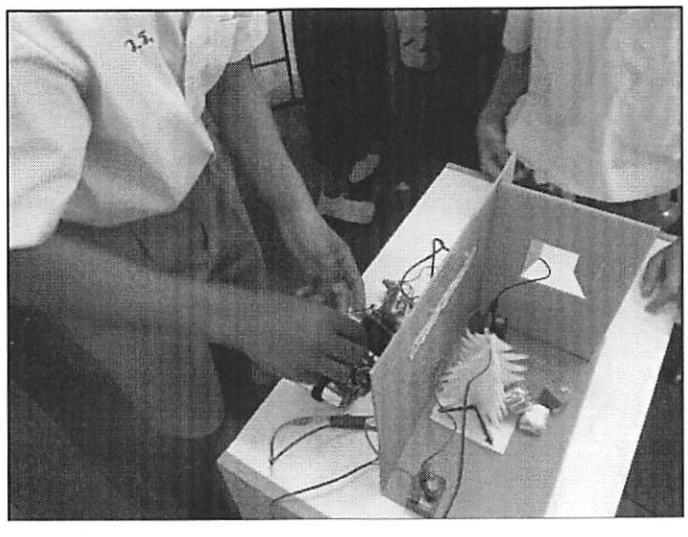


ภาพ 63 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เขียนผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 3

(N14, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 5, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแบบจำลอง

จากผลการตรวจสอบชิ้นงานแบบจำลองที่นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ นักเรียนทุกคนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่ชิ้นงานแบบจำลองได้ เพื่อใช้ในการเขียนบล็อกคำสั่งควบคุมชิ้นงานได้ ดังภาพ 64

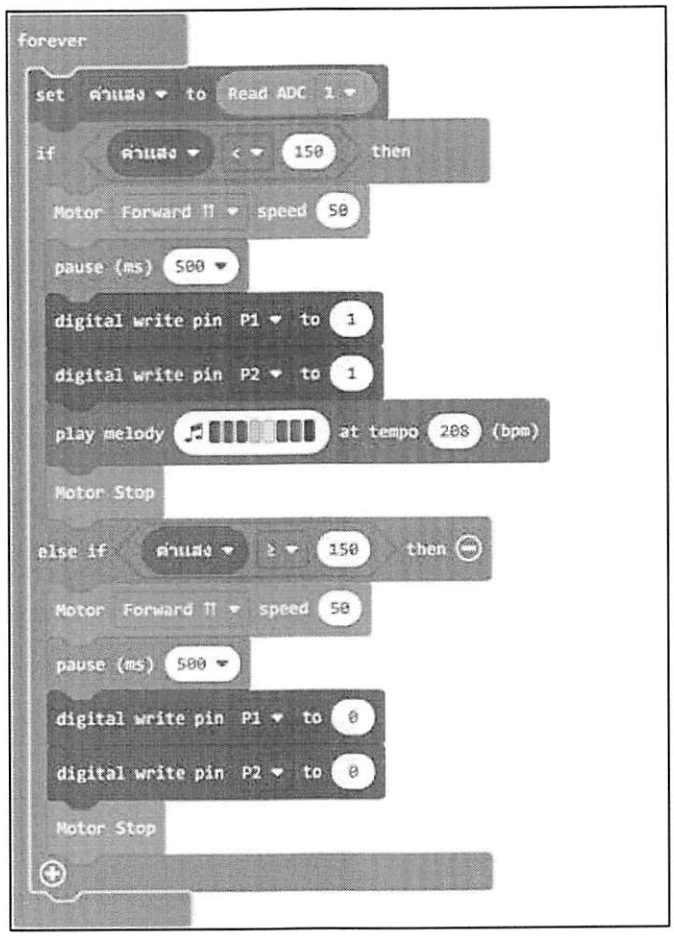


ภาพ 64 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การต่อวงจรไฟฟ้าในแบบจำลอง

(N2, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ 6, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

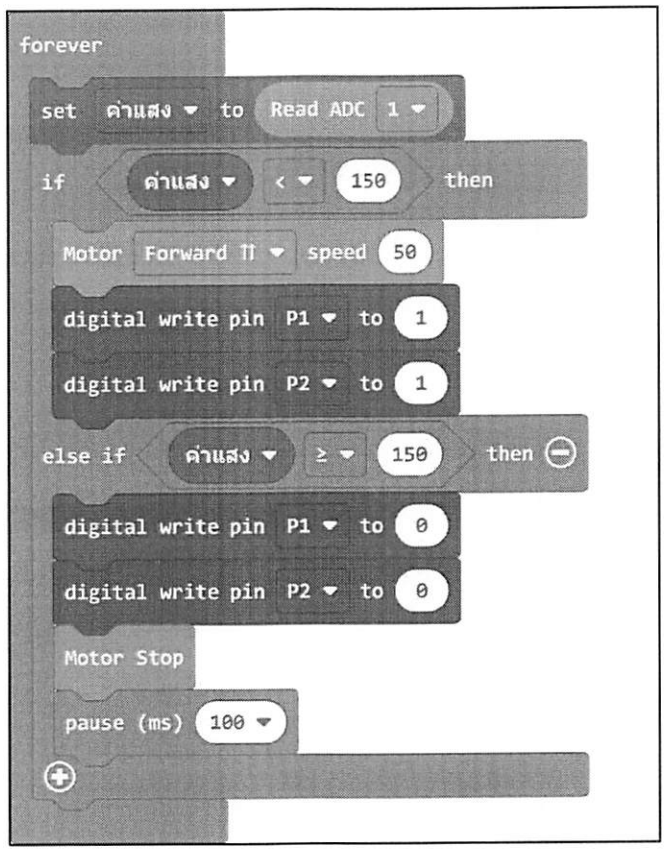
การเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode **ควบคุมบอร์ด** micro:bit

จากผลการตรวจสอบภาพบล็อกคำสั่งของนักเรียนจากโปรแกรม Microsoft MakeCode นักเรียนทุกคน สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด โดยมีนักเรียนร้อยละ 5.56 มีการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงสุดในระดับ 6 ถ่ายโอนแบบประยุกต์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 65



ภาพ 65 แสดงชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode **เพื่อควบคุมบอร์ด** micro:bit **ในแบบจำลอง มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6 ถ่ายโอนแบบประยุกต์**
(N3, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ 7, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

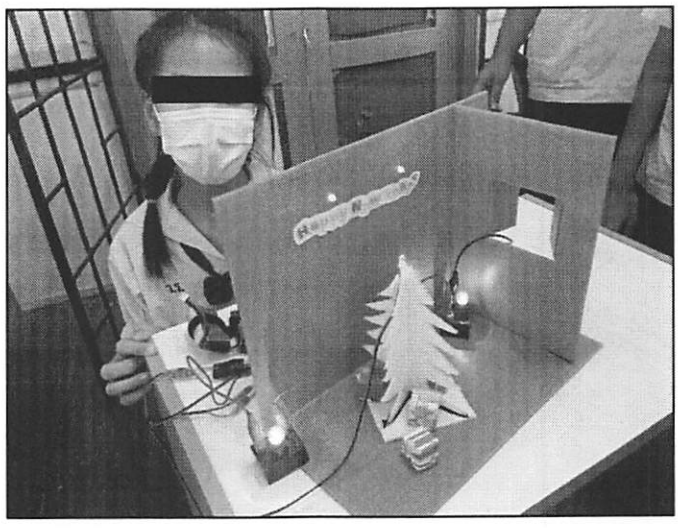
จากการพิจารณานักเรียนทั้งหมดพบว่า นักเรียนร้อยละ 61.11 มีการประยุกต์กับสถานการณ์ที่แตกต่างชีวิตประจำวันได้ เมื่อตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว นักเรียนมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบไกล ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพ 66



ภาพ 66 แสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณการเขียนโปรแกรมMicrosoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้

(N3, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ 7, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

เมื่อนักเรียนเขียนคำสั่งลงบอร์ด micro:bit บนชิ้นงานแบบจำลองที่ออกแบบ และตรวจสอบตามเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณแล้ว พบว่า นักเรียนมีระดับการถ่ายทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ ดังภาพ 67



ภาพ 67 แสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ การเขียนโปรแกรมMicrosoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในแบบจำลองและมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4
(N10, แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ 7, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

3. ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ และระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณจากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณและผลระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณและแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณสอดคล้องกันจากเครื่องมือทั้งสองชนิด โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยโดยภาพรวมดังตาราง 19

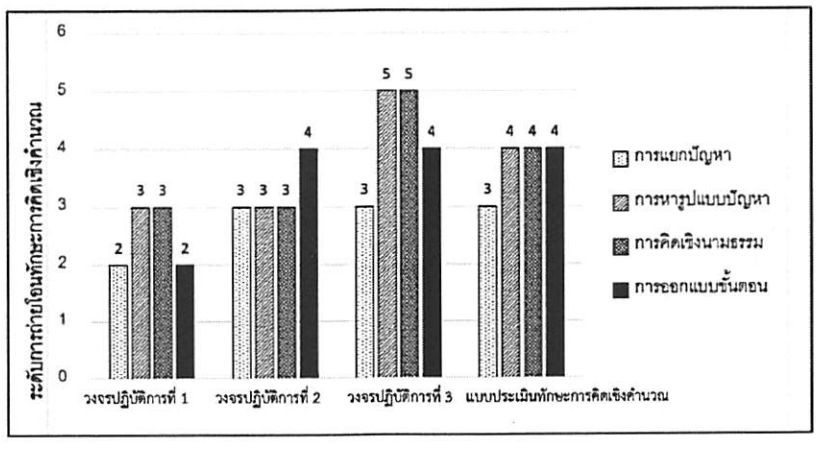
ตาราง 19 แสดงผลการเปรียบเทียบโดยภาพรวมของทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องวงจรไฟฟ้า

รายการ	ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ				ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ย
	การแยกปัญหา	การหารูปแบบปัญหา	การคิดเชิงนามธรรม	การออกแบบขั้นตอน	
วงจรที่ 1	2	3	3	2	2
วงจรที่ 2	3	3	3	4	3
วงจรที่ 3	3	5	5	4	4
บันทึกกิจกรรมทั้งหมด	3	4	4	3	4
แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ	3	4	4	4	4

จากตาราง 22 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้นจากระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 โดยมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ 2 3 และ 4 ตามลำดับ และสอดคล้องกับระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้จากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งมีระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 4 เช่นเดียวกับระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยจากแบบบันทึกกิจกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนที่ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและบันทึกผลงานของตนเองลงในแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อเป็นร่องรอยในการแสดงทักษะการคิด

เชิงคำนวณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่เก็บภายหลังกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP Model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง และนำผลการวิเคราะห์มาจัดกลุ่มทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก Peel et al. (2019) สามารถแสดงผลดังภาพ 68



ภาพ 68 แสดงระดับทักษะการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณจากการดำเนินการวิจัย

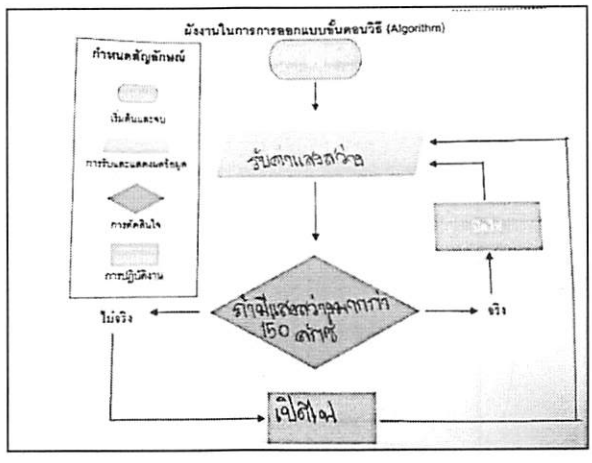
จากภาพ 68 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาระดับของทักษะการคิดเชิงคำนวณเพิ่มสูงขึ้นทุกองค์ประกอบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยเมื่อพิจารณาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนพบว่า

องค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหา พบว่านักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยสูงขึ้น โดยมีระดับสูงสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 2, 3 และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระดับ 3 การถ่ายโอนสู่บริบท

องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา พบว่านักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีระดับสูงสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล แต่ในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณมีระดับสูงสุดที่ระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้

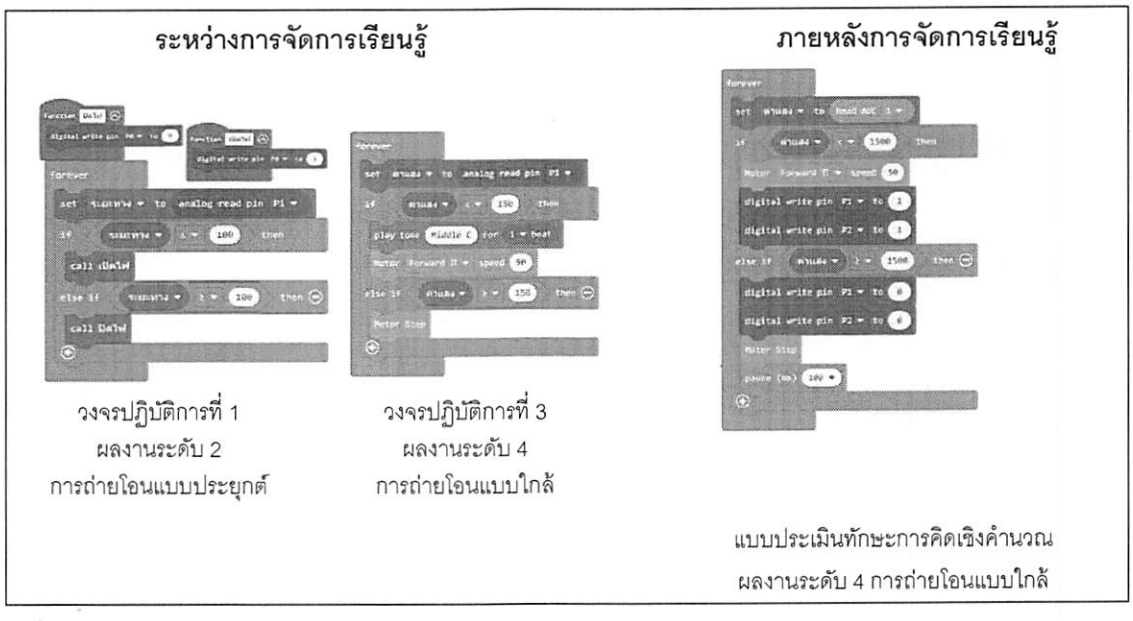
องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม พบว่านักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีระดับสูงสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่ระดับ 5 ถ่ายโอนแบบไกล แต่ในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณมีระดับสูงสุดที่ระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้

องค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอน พบว่านักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีระดับสูงสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 รวมถึงแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้ ซึ่งในองค์ประกอบนี้นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานและเขียนผังงานสำหรับแก้ปัญหาสถานการณ์วงจรไฟฟ้าที่กำหนดโดยมีตัวอย่างการเขียนผังงานของนักเรียนดังภาพ 69



ภาพ 69 แสดงตัวอย่างผลงาน การออกแบบผังงานในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของนักเรียน

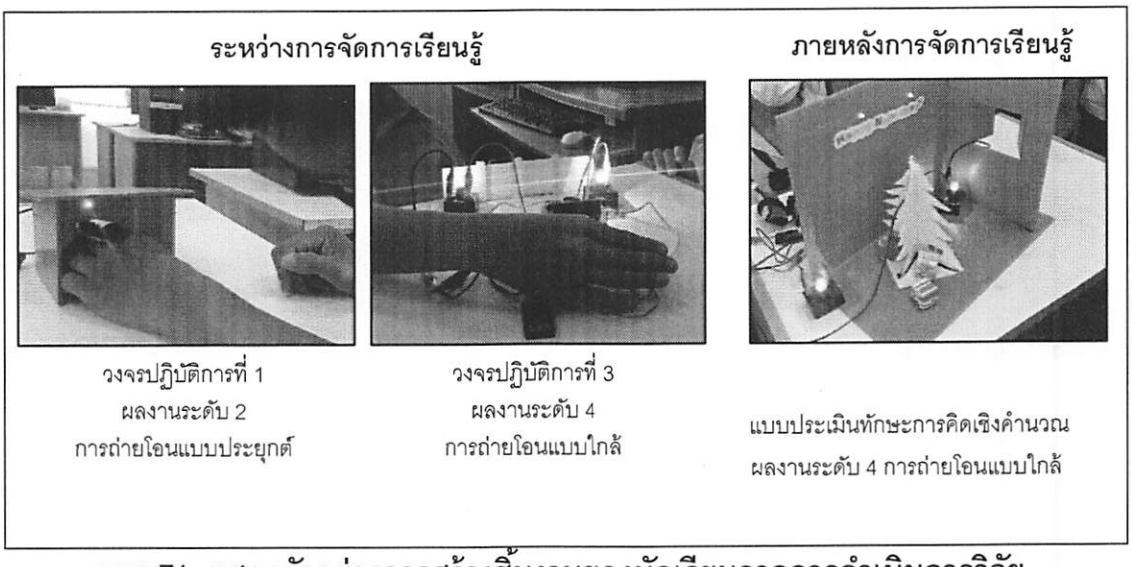
นักเรียนนำผังงานที่ได้ออกแบบมาเขียนโปรแกรมด้วย Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit ผ่านการลงมือปฏิบัติตามโจทย์จนเกิดกระบวนการคิดเพื่อสร้างชิ้นงานใหม่อย่างมีเหตุผล ดังตัวอย่างผลงานการเขียนคำสั่งของนักเรียน ดังภาพ 70



ภาพ 70 แสดงตัวอย่างผลงานการเขียนคำสั่งของนักเรียนจากการดำเนินการวิจัย

จากภาพ 70 พบว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการเขียนคำสั่ง ทำให้มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณจากระดับ 2 การถ่ายโอนแบบประยุกต์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ไปสู่ระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงถึงการพัฒนาระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ดีขึ้น

จากนั้นนักเรียนนำผลการเขียนโปรแกรมคำสั่งใน Microsoft MakeCode สำหรับ micro:bit มาสร้างชิ้นงานเพื่อแสดงการทำงานของโปรแกรมและตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมที่นักเรียนสร้างขึ้นดังภาพ 71



ภาพ 71 แสดงตัวอย่างการสร้างชิ้นงานของนักเรียนจากการดำเนินการวิจัย

จากภาพ 71 การสร้างชิ้นงานของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการของระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ย จากระดับ 2 การถ่ายโอนแบบประยุกต์ ไปถึงระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้ สอดคล้องกับการสร้างชิ้นงานของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ที่มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยในระดับ 4 การถ่ายโอนแบบใกล้ เช่นเดียวกัน

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยปฏิบัติการ เรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และ 2) เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 18 คน โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนขนาดเล็กในจังหวัดพิจิตร โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

การดำเนินการวิจัยปฏิบัติการจำนวน 3 วงจร ได้มีการเตรียมการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ สังเกตการณ์ สะท้อนการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการสรุปการวิจัยครั้งนี้เป็น 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แนวการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้า ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

จากการวิเคราะห์แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตัวผู้วิจัย และ ครูผู้ร่วมสังเกตแต่ละวงจรปฏิบัติการสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเรื่องวงจรไฟฟ้าด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 แยกประเด็นปัญหาต่าง ๆ จากสถานการณ์หลัก (Crack the big issue)

เป็นขั้นตอนที่ใช้สถานการณ์จำลองหลักที่ครอบคลุมปัญหาวงจรไฟฟ้าไม่ทำงานจากหลายสาเหตุให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อยจากสถานการณ์จำลองหลักที่กำหนด ร่วมกับการอธิบายแนวทางการแยกปัญหาย่อยให้ชัดเจน และสอบถามข้อสงสัยภายในภาพสถานการณ์จำลอง รวมทั้งใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวันให้มากที่

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

เป็นขั้นตอนสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหาและนำมาสู่การระบุรูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยครูใช้คำถามนำสู่การระบุปัญหาหลักของสถานการณ์จำลองเพื่อใช้พิจารณาแนวโน้มของปัญหามีการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันร่วมกันกับนักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน มีการอธิบายความหมายของแนวโน้มของปัญหาว่าเป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้า

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

เป็นการใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องของปัญหาวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลอง มีการใช้คำถามปลายเปิดสำหรับให้นักเรียนเขียนตัวอย่างข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนใช้ความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าที่ได้เรียนรู้ออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่กำหนดร่วมกัน

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

เป็นการเตรียมความพร้อมในการเขียนผังงานโดยการจัดเตรียมภาพผังงานให้ครบถ้วนสมบูรณ์ไม่คลุมเครือ เตรียมตัวอย่างคำที่ใช้ในผังงาน ลูกศรแสดงทิศทางลำดับการเขียนผังงาน ให้ครบถ้วน มีการอธิบายสัญลักษณ์ของผังงานแก่นักเรียนก่อนจัดกิจกรรม ครูเน้นย้ำความถูกต้องของผังงานเพื่อให้ผังงานสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน มีการทบทวนคำสั่ง และเซนเซอร์(sensor) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์จำลองตามสถานการณ์ที่ออกแบบโดยการยกตัวอย่างคำสั่ง และทบทวนคำสั่งเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ออกแบบ จากนั้นจัดเตรียมอุปกรณ์ micro:bit พร้อมอุปกรณ์เสริมความสามารถของ micro:bit สำหรับให้นักเรียนแต่ละคนได้ร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าและบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้ากับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งควบคุมการทำงานของชิ้นงานทำงานได้ถูกต้องตามผังงานที่ได้ออกแบบ

2) ผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า

พบว่า ผลภาพรวมระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณจากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณและผลระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งได้ว่า ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนอยู่ในระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้าได้

อภิปรายผล

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยแต่ละขั้นตอนมีลักษณะ ดังนี้

ขั้นที่ 1 แยกประเด็นปัญหาต่างๆ จากสถานการณ์หลัก เป็นขั้นตอนที่ต้องออกแบบสถานการณ์จำลองเพื่อแยกปัญหา โดยใช้สถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 4 สถานการณ์ ซึ่งครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหาวงจรไฟฟ้าไม่ทำงาน เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อยจากภาพสถานการณ์จำลองที่สื่อความหมายได้ชัดเจนตรงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เช่น วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมมีการใช้ภาพหลอดไฟฟ้าที่ต่อด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมสถานการณ์ละ 2 หลอด ซึ่งแต่ละภาพสถานการณ์จำลองจะพบปัญหาที่ทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านไม่ครบวงจร ได้แก่ หลอดไฟเสีย สายไฟขาด ไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟฟ้า ซึ่งภายในภาพจะแสดงปัญหาหลักและปัญหาอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในแต่ละภาพสถานการณ์จำลอง สอดคล้องกับแนวคิดของ ฤดีรัตน์ แป้งหอมและคณะ (2559) ที่พบว่า ครูจะต้องนำเสนอโดยการอธิบายภาพสถานการณ์ปัญหาที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียน มีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่พบว่า การอธิบายเพื่อไขข้อข้องใจก่อนทำกิจกรรมช่วยให้นักเรียนสามารถแยกปัญหาได้ดีขึ้น รวมทั้งการกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาในระหว่างการทำกิจกรรม จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์วงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ที่พบว่า ครูควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนพร้อมที่จะเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันในระหว่างการทำกิจกรรมตลอดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา เป็นการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ความคล้ายคลึงของแต่ละปัญหา เช่น จากภาพสถานการณ์จำลองที่ได้รับนักเรียนคิดว่าสาเหตุหลักที่ทำให้หลอดไฟในภาพไม่ติดเกิดจากอะไร ทำให้นักเรียนระบุปัญหาหลักของสถานการณ์จำลองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่พบว่า การเรียนการสอนแบบโต้ตอบมีการถามและตอบระหว่างครูและนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจและสามารถหารูปแบบแนวโน้มของปัญหาได้ อีกทั้งการสร้างความเข้าใจความแตกต่างของปัญหาหลักกับแนวโน้มของปัญหาโดยการอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจว่าเป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ ซึ่งทำให้นักเรียนเขียนแนวโน้มของปัญหาได้ เช่น ในเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนานครูอธิบายความหมายแนวโน้มของปัญหา และให้นักเรียนยกตัวอย่างการเขียนแนวโน้มของปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่ได้รับให้สมาชิกในกลุ่มได้รับฟังและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bati et al. (2018) ซึ่งพบว่า การสร้างความเข้าใจโดยการสื่อสารกับผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมเพื่ออธิบายความหมายคำสำคัญสามารถทำให้ผู้เรียนระบุแนวโน้มของปัญหาได้ ตลอดจนการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันร่วมกันกับนักเรียนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและระบุความคล้ายกันของปัญหาที่พบได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maryam et al. (2017) ที่ใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันเชื่อมโยงกับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อยกตัวอย่างการระบุความคล้ายกันของปัญหา

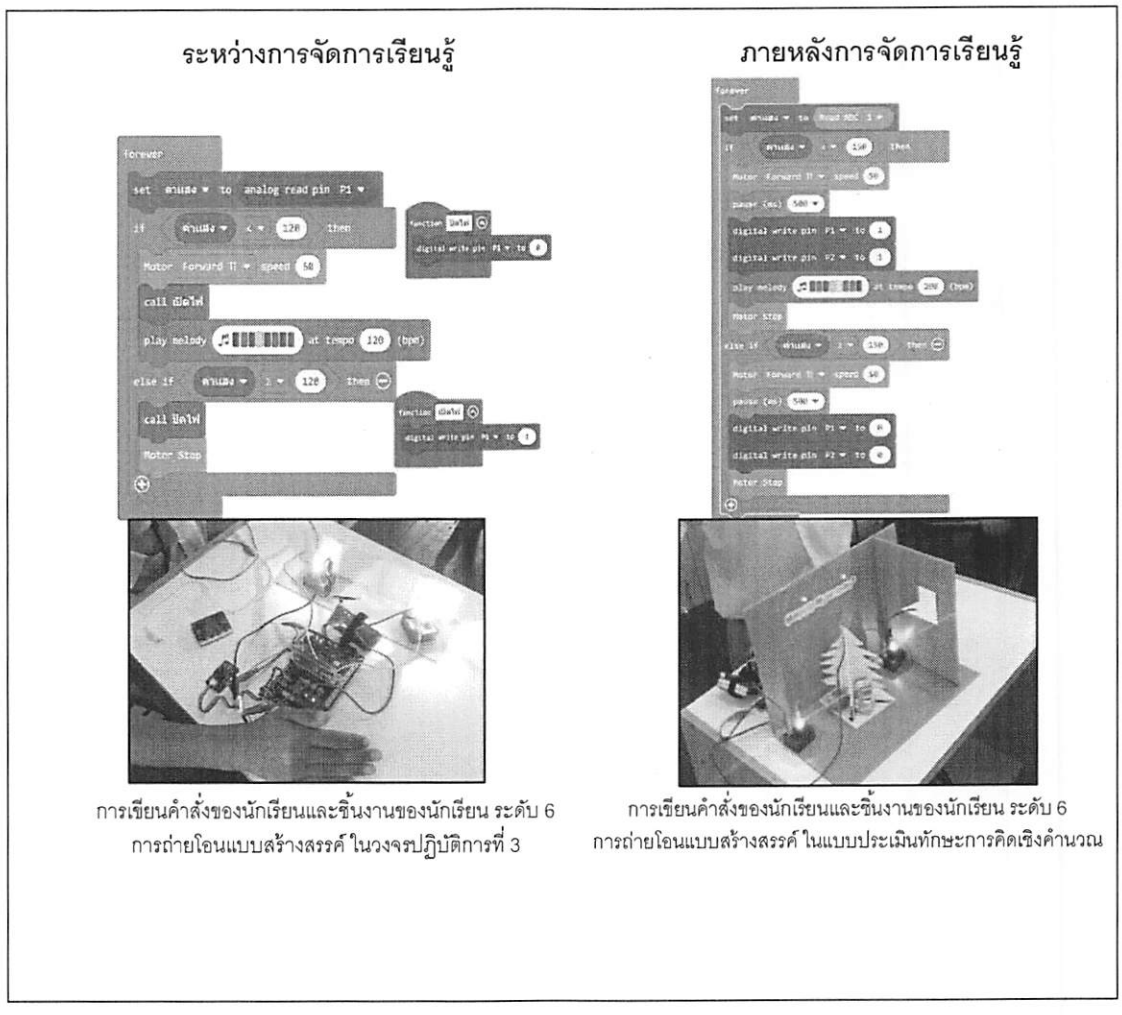
ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง เป็นการใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยการให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลของปัญหาวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลอง เช่น ในเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนานนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองเพื่อร่วมกันแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก รวมทั้งเสนอสถานการณ์ตัวอย่างในชีวิตประจำวันให้เพื่อนๆ ได้รับฟัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่กำหนดให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มที่มีการบูรณาการความรู้ในชีวิตประจำวันกับกิจกรรมที่ใช้โดยตั้งข้อคำถามชัดเจน มีการระบุคำสั่งให้นักเรียนเขียนระบุตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานร่วมกัน เช่น นักเรียนจะออกแบบวงจรไฟฟ้าแบบขนานและเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งอย่างไรให้ชิ้นงานทำงานอัตโนมัติด้วยบอร์ด micro:bit เพื่อใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้สะดวกมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bati et al. (2018) ซึ่งได้ใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้ตอบคำถามในการทำกิจกรรมแยกข้อมูลของปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานร่วมกัน

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน เป็นการเตรียมความพร้อมในการเขียนผังงานโดยการจัดเตรียมภาพผังงานให้ครบถ้วนสมบูรณ์ไม่คลุมเครือ เตรียมตัวอย่างคำที่ใช้ในผังงาน ลูกศรแสดงทิศทางลำดับการเขียนผังงานให้ครบเพื่อลดความซับซ้อนของการเขียนผังงาน

สอดคล้องกับแนวคิดจากงานวิจัยของ Peel et al. (2019) ที่มีการจัดการเรียนรู้โดยการแบ่งหน่วยการเรียนรู้สำหรับการพัฒนาองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณในเรื่อง การสร้างอัลกอริทึม นอกจากนี้ ครูต้องมีการอธิบายสัญลักษณ์ของผังงาน และเน้นย้ำความถูกต้องของ ผังงานเพื่อให้ผังงานที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ที่พบว่า ครูควรมีการเตรียมความพร้อมโดยการทำความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง และคำนึงถึงความเหมาะสมระหว่างเนื้อหากับผู้เรียน และมีการใช้ความรู้พื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งของนักเรียน รวมถึงในงานวิจัยได้มีการเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยครูมีการจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อให้นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อการบูรณาการการเรียนรู้กับการเขียนโปรแกรมแบบ บล็อกคำสั่งได้อย่างราบรื่น มีการยกตัวอย่างคำสั่ง และทบทวนคำสั่งเซนเซอร์ (senser) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ออกแบบ เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งให้ชิ้นงานทำงานได้ถูกต้องตามผังงานที่ได้ออกแบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่ได้เตรียมความรู้พื้นฐานให้นักเรียน และมีการบูรณาการความรู้กับการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้สร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้ถูกต้องตามผังงานที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า

ดังนั้นภายหลังการจัดการเรียนรู้พบว่าองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณที่มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณน้อยที่สุดคือ องค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหา ซึ่งนักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยในระดับ 3 การถ่ายโอนสู่บริบท แต่พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ครูกระตุ้นให้นักเรียน ได้วิเคราะห์ปัญหาจากภาพสถานการณ์และเชื่อมโยงปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงสุดระดับ 4 ถ่ายโอนแบบใกล้ และในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณนักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงสุดระดับ 5 การถ่ายโอนแบบไกล ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาในองค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหาได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ที่พบว่า ครูควรกระตุ้นผู้เรียนให้พร้อมที่จะเกิดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันในระหว่างการทำกิจกรรมตลอดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559) ที่เสนอแนวทางการพัฒนาองค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหา ไว้ว่า เป็นการพิจารณาข้อมูลและแตกประเด็นปัญหาช่วยให้บริหารจัดการปัญหาได้ง่ายขึ้น และยังสอดคล้องกับ Rodriguez, B. R. (2015) ที่เสนอแนวทางการพัฒนาองค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหา ว่าควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้แยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ปัญหาซึ่งช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในองค์ประกอบอื่นๆ ต่อไปได้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลเป็นรายบุคคลพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 5.56 ที่มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับสูงสุดคือระดับ 6 การถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์ ในระหว่างการทำกิจกรรมและภายหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ดังภาพ 72



ภาพ 72 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับ 6 การถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์

จากภาพที่ 72 หากพิจารณาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเป็นรายบุคคลพบว่านักเรียนมีการพัฒนาชิ้นงานของตนเองจนสามารถมีระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6 ถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากนักเรียนมีการเพิ่มการปรับปรุงชิ้นงานที่สร้างขึ้นทำให้นักเรียนได้ต่อยอดหรือใช้สิ่งที่เรียนรู้มาในการสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่มีรูปแบบใหม่ได้ สอดคล้องกับแนวคิดจากงานวิจัยของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่มีการบูรณาการความรู้เดิมกับการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้สร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องตามผังงาน

ที่ออกแบบไว้ล่วงหน้าและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bati et al. (2018) ที่มีการให้นักเรียนได้ปรับปรุงชิ้นงานหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นทำให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับแนวคิดของ สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559) ที่เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมองค์ประกอบการออกแบบขั้นตอนโดยให้นักเรียนสร้างลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาเพื่อให้ทราบลำดับขั้นตอนของการทำงานทำให้ชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้พบว่าผลการวิเคราะห์จากแบบบันทึกกิจกรรมระหว่างวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียน มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ในองค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหาและองค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยจากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่มีค่าอยู่ในระดับ 4 ซึ่งจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่มแล้วพบว่านักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นตลอดทุกวงจรปฏิบัติการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการหารูปแบบปัญหาและการคิดเชิงนามธรรมที่เกิดจากการร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มที่มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระหว่างการจัดการเรียนรู้จากการระดมความคิด และการตัดสินใจเลือกแนวทางการหารูปแบบ แนวโน้ม ความคล้ายคลึงกันของปัญหา และการแยกส่วนสำคัญจากปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องร่วมกันได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bati et al. (2018) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบูรณาการความรู้โดยใช้การทำกิจกรรมกลุ่มช่วยให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อสร้างแบบจำลองได้ดีกว่าการเรียนโดยปกติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559) ที่ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาองค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา ว่าควรมีกิจกรรมกลุ่มที่ให้นักเรียนพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างของรูปแบบปัญหาที่เปลี่ยนไปร่วมกันเพื่อทำนายแนวโน้มของปัญหาที่จะเกิดขึ้นไว้ล่วงหน้าได้

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ โดยนักเรียนสามารถบูรณาการความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้ากับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเพิ่มเติมจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากงานวิจัยของ Maryam et al. (2017) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเพื่อใช้ในการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อลดลำดับขั้นตอนการทำงานได้ดีกว่าการเรียนรู้ตามรูปแบบเดิม

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการวิจัยต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

การจัดการเรียนรู้โดยด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหา หรือสถานการณ์เป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอยากรู้ และสนใจที่จะศึกษาปัญหาจากสถานการณ์ที่ได้รับผู้วิจัยเลือกใช้ปัญหาเรื่องวงจรไฟฟ้าโดยสื่อสารปัญหาผ่านภาพสถานการณ์ปัญหาหลอดไฟฟ้าไม่ทำงานในวงจรไฟฟ้า อย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ครูควรอธิบายภาพสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฟังเพิ่มเติม และให้นักเรียนได้ร่วมมือกันวิเคราะห์ปัญหาด้วยกระบวนการกลุ่ม

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำการวิจัยในครั้งต่อไป

การจัดการเรียนรู้โดยด้วย CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ควรศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเน้นองค์ประกอบที่ 1 การแยกปัญหา ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น และองค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอน โดยการเพิ่มการปรับปรุงชิ้นงานหรือความคิดใหม่เพื่อนำไปสู่การพัฒนาระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณในระดับ 6 การถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและปัจจัยของการทำงานแบบร่วมมือของนักเรียนที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัลยา โสภณพณิช. (ผู้บรรยาย). (10 พฤศจิกายน 2562). *นโยบายการศึกษาเพื่อการพัฒนาประเทศ*. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชยการ คีรีรัตน์. (2562). การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 47*(2), 31-47.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2561). *เรียนรู้และใช้งาน micro: bit บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์.

เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย. (2539). *ระเบียบวิธีวิจัย*. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

มาโนชญ์ แสงศิริ. (2561). *Blockly เครื่องมือสอนเขียนโปรแกรม*. สืบค้น 25 กรกฎาคม 2563, จาก http://scimath.org/article-technology/item/8652-blockly/

ฤดีรัตน์ แป้งหอม, สพลณพัทร์ ศรีแสนยงค์, และสฎายุ ธีระวณิชตระกูล. (2559). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(4), 278-293.

วีระพงษ์ จันทรเสนา, และมานิตย์ อาษานอก. (2563). ผลการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถการเขียนโปรแกรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 6(2) 1-13.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). *ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์ข้อมูลและคาดการณ์เทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2560). *บทวิเคราะห์การจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยประจำปี 2017-2018 โดย World Economic Forum: WEF.* สืบค้น 25 กรกฎาคม 2563, จาก http://sti.or.th/sti/news-detail.php?news_type=2&news_id=250&

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ).* สืบค้น 25 กรกฎาคม 2563, จาก http://oho.ipst.ac.th/cs-curriculum-teacher-guide/

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล ปี 2561 (IMD 2018).* กรุงเทพฯ: 21 เซ็นจูรี่.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.* เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). *ถอดรหัสการสอนสะเต็ม.* สงขลา: นาศิลป์โฆษณา.

Barefoot, C.A.S. (2014). *What is computational thinking.* Retrieved July 31, 2020, from https://www.barefootcomputing.org/homelearning

Bati, K., Yetişir, M.I., Çalişkan, I., Güneş, G., & Saçan E.G. (2018). Teaching the concept of time: A steam-based program on computational thinking in science education. *Cogent Education,* 5, 1507306.

Code.org. (2015). *Computational thinking.* Retrieved July 31, 2020, from https://code.org/curriculum/course3/1/Teacher

Haskell, R.E. (2000). *Cognition and instruction.* San Diego, CA: Academic.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner* (3re ed.). Geelong: Deakin University.

Ling, U.L., Saibin, T.C., Naharu, N., Labadin, J., & Aziz, N.A. (2018). An evaluation tool to measure computational thinking skills: Pilot investigation. *The national academy of managerial staff of culture and arts herald.*

Matsumoto, P.S., & Jiankang Cao. (2017). The development of computational thinking in a high school chemistry course. *Journal of chemical Education, 94,* 1217-1224.

Maryam, S., Azman, S., Arsat, M., & Mohamed, H. (12-14 Dec. 2017). The framework for the integration of computational thinking in ideation process, In *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp.61-65). China: Hong Kong.

NGSS Lead State. (2013). *Next generation science standards: For state, by state.* Retrieved July 31, 2020, from http://epsc.wustl.edu/seismology/book/presentations/2014_Promotion/NGSS_2013.pdf

Patton, E.W., Tissenbaum, M., & Harunani, F. (2019). MIT app inventor: Objectives, design, and development. *Computational Thinking Education Springer, 19*(5), 31-49.

Peel, A., Sadler, T.D., & Friedrichsen, P. (2019). Learning natural selection through computational thinking: Unplugged design of algorithmic explanations. *J Res Sci Teach,* 56, 983-1007.

Rozali, N.F., Zaid, N.M., Noor, N.M., & Ibrahim, N.H. (2018). Developing a unified model of teaching computational thinking. *Proc.of the IEEE 10th Internationnal Conference on Engineering Education*, 8-9, 223-228.

Rodriguez, B.R. (2015). *Assessing computational thinking in computer science unplugged activities* (Master's thesis). Colorado School of Mines.

Selby, C. (2015). Relationships: Computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy. In *The 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 80-87), United Kingdom.

The International Society for Technology in Education (ISTE) and the Computer Science Teachers Association (CSTA). (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12 education.* Retrieved July 31, 2020, from https://www.iste.org/explore/Solutions/Computational-thinking-for-all

Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33-36.

Wing, J.M. (2010). *Computational thinking: What and why?.* Retrieved July 31, 2020, from http://www.urces/TheLinkWing.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร
อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ดร.อาทร นกแก้ว
อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. นางสาวนุตประวีณ์ ทัศนสุวรรณ
ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่ประถมศึกษาพิจิตร เขต 2

ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

รายการประเมินข้อที่	ระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
	1	2	3	15			
1	4	4	5	13	4.33	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.1	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	5	3	12	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
2.4	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.5	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	4	5	3	12	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
3.2	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.2	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.2.1	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.2.2	4	4	5	13	4.3	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.2.3	5	4	3	12	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
4.2.4	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.2.5	4	4	5	13	4.33	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.2.6	4	4	5	13	4.33	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.3	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.4	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.5	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.6	4	5	3	12	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
4.7	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.8	4	3	4	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
4.9	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.1	4	4	5	13	4.33	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.2	4	4	5	13	4.33	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	4	5	13	4.33	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.4	4	4	5	13	4.33	0.57	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 23 ต่อ

รายการประเมินข้อที่	ระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
	1	2	3	15			
6.1	4	4	5	13	4.33	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
6.2	3	4	5	12	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
6.3	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
6.4	4	4	3	11	3.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบบันทึกกิจกรรม

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

รายการประเมินข้อที่	ระดับความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	3		
1.1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
1.2	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
2.1	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
2.2	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
3.1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4.1	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
4.2	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
4.3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4.4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

สรุปแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้า ทั้ง 9 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์การประเมินผลของเทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไทย (2539, น. 181)

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบขนานกับไฟประดับรั้วโรงเรียน
รายวิชา ว 16101 วิทยาศาสตร์ 6 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563
เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 4 ชั่วโมง ผู้สอน นายดำรงฤทธิ์ คุณสิน

---

1. สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ป.6/5 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน

ว 2.3 ป.6/6 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานโดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ป.6/1 ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

ว 4.2 ป.6/2 ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมและแก้ไข

2. สาระสำคัญ

การระบุส่วนประกอบและบรรยายประโยชน์ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เขียนวงจรไฟฟ้าแบบขนาน และความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้ในการสร้างเงื่อนไขให้ครอบคลุมปัญหา และฝึกตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งจากสถานการณ์ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่ทำงานผิดพลาดฝึกออกแบบและคิดตัวแปร การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและทำงานแบบวนซ้ำ

ออกแบบการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit เพื่อออกแบบบล็อกคำสั่งควบคุมวงจรไฟฟ้าภายในชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยใช้บอร์ด micro:bit

3. สาระการเรียนรู้

วงจรไฟฟ้าแบบขนานประกอบด้วยสวิตช์ไฟ สายไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน เครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น โดยการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะใช้ต่อหลอดไฟฟ้ามากกว่า 1 หลอดให้ได้รับกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เท่ากันและเมื่อมีหลอดใดหลอดหนึ่งเสียหลอดไฟฟ้าที่เหลือสามารถทำงานได้ปกติ

โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit สามารถเขียนโปรแกรมโดยการวางบล็อกคำสั่ง โดยโปรแกรมที่ออกแบบขึ้นสามารถนำไปใช้กับบอร์ดสมองกลเพื่อใช้ทำโครงการต่างๆ ได้ การเขียนโปรแกรมสามารถตรวจสอบผลลัพธ์ของการทำงานทีละขั้นตอนและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมได้โดยการออกแบบอัลกอริทึมแล้วนำบล็อกคำสั่งที่เกี่ยวข้องมาวาง เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างสมบูรณ์

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ความรู้ (K)

1. นักเรียนระบุและอธิบายหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้
2. นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงการทำงานของวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้
3. นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้
4. นักเรียนเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit เพื่อสร้างชิ้นงานที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (P)

1. นักเรียนสามารถระบุปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในชีวิตประจำวันได้
2. นักเรียนสามารถแบ่งปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นส่วนย่อยได้
3. นักเรียนบอกรูปแบบแนวโน้มของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวันได้
4. นักเรียนบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานพบในชีวิตประจำวันได้
5. นักเรียนแยกข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้
6. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนในโปรแกรม Microsoft MakeCode For Micro:bit เพื่อการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวันได้
7. นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For Micro:bit เพื่อเพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าของหลอดไฟโรงรถอัตโนมัติได้

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. นักเรียนเอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้สนใจเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ทุกกิจกรรมจนประสบความสำเร็จ

2. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงานปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานด้วยตนเอง

5. หลักฐานการเรียนรู้และแนวทางการประเมิน

ความรู้ (K)

จุดประสงค์	วิธีการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือวัดผลและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนระบุและอธิบายหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ 2. นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้ 3. นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ 4. นักเรียนเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit เพื่อสร้างชิ้นงานที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้	การตรวจแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน	แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน	ผ่านเกณฑ์ระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณตาม Peel et al. (2019) ตั้งแต่ระดับ 2 (ถ่ายโอนแบบประยุกต์) ขึ้นไป จาก 6 ระดับ

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (P)

จุดประสงค์	วิธีการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือวัดผลและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถระบุปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในชีวิตประจำวันได้ 2. นักเรียนสามารถแบ่งปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นส่วนย่อยได้ 3. นักเรียนบอกรูปแบบแนวโน้มของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวันได้	-การตรวจแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน	แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน	มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณตาม Peel et al. (2019) ตั้งแต่ระดับ 2 (ถ่ายโอนแบบประยุกต์) ขึ้นไป จาก 6 ระดับ

จุดประสงค์	วิธีการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือวัดผลและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
4. นักเรียนบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานพบในชีวิตประจำวันได้ 5. นักเรียนแยกข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ 6. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนในโปรแกรม Microsoft MakeCode For Micro:bit เพื่อการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในชีวิตประจำวันได้ 7. นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For Micro:bit เพื่อเพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าของหลอดไฟโรงรถอัตโนมัติได้	-การตรวจแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ -การตรวจแบบบันทึกกิจกรรมเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนาน -การตรวจแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ	แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ แบบบันทึกกิจกรรมเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนาน แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ	มีระดับการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณตาม Peel et al. (2019) ตั้งแต่ระดับ 2 (ถ่ายโอนแบบประยุกต์) ขึ้นไปจาก 6 ระดับ

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

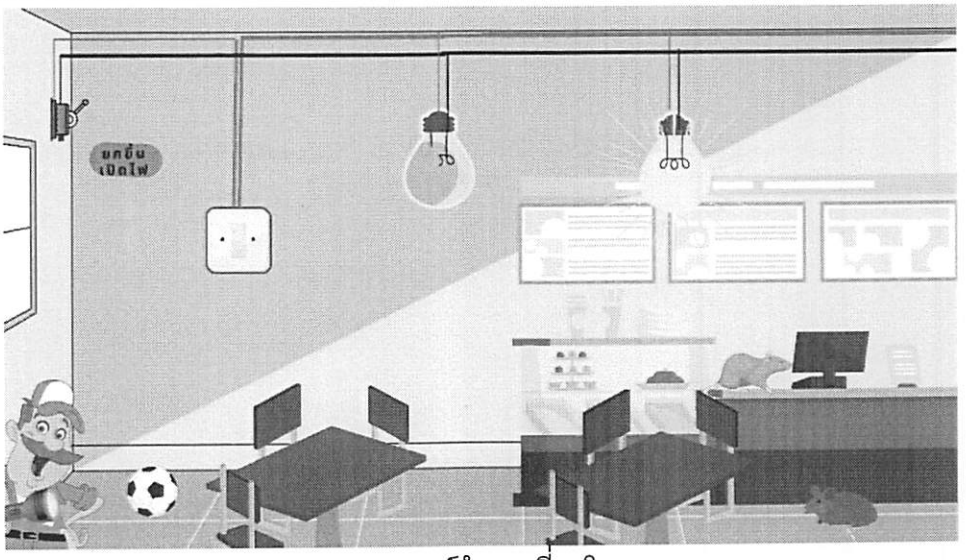
จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนเอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้สนใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ทุกกิจกรรมจนประสบความสำเร็จ 2. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงานปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานด้วยตนเอง	การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในการทำงานระหว่างทำกิจกรรม	แบบประเมินพฤติกรรมนักเรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพ 2 (ระดับดี) ขึ้นไปจาก 3 ระดับ

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) **60 นาที**

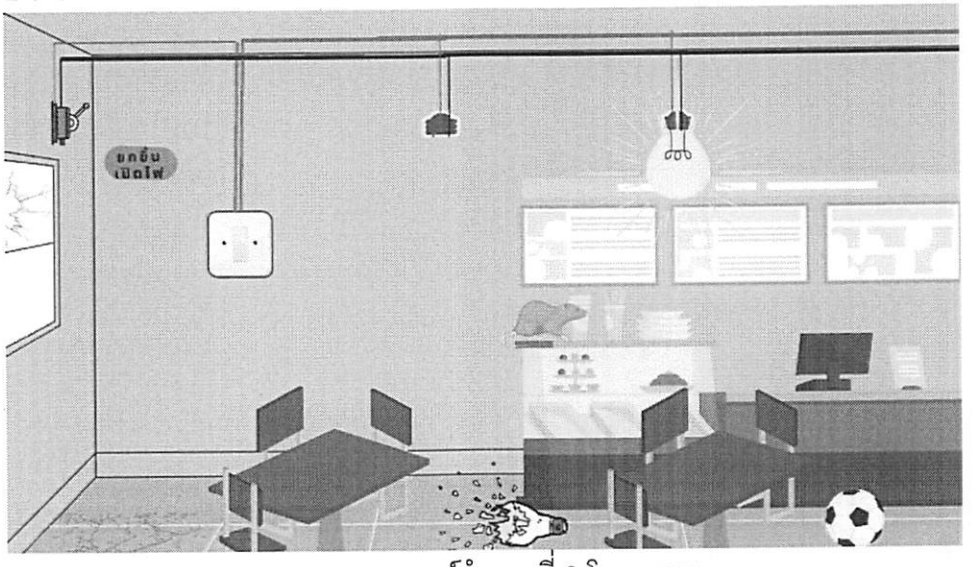
1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสอบถามประสบการณ์เดิมนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ให้แต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์และมีการสัมภาษณ์นักเรียนระหว่างทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 1



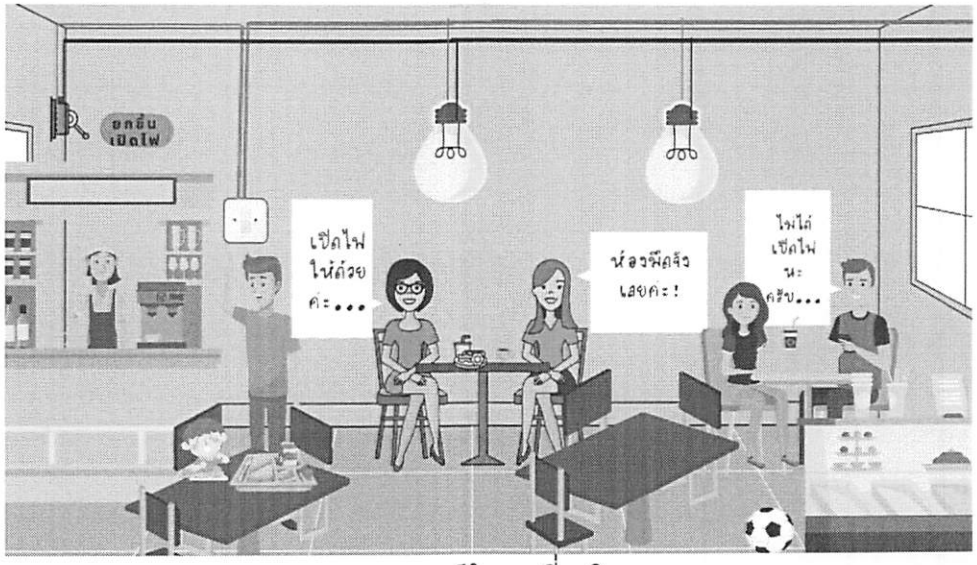
ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 โรงอาหาร

กลุ่มที่ 2 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 2



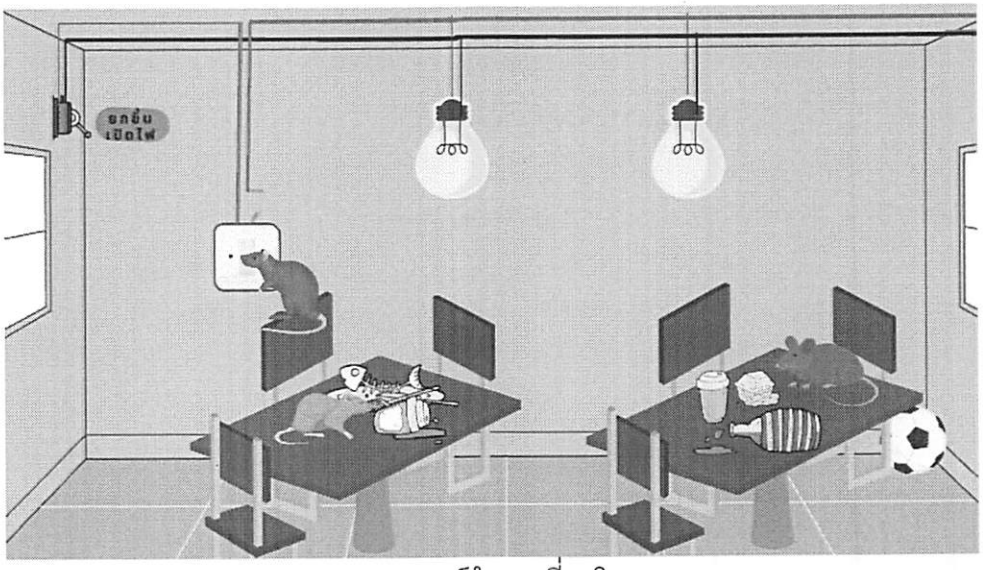
ภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 โรงอาหาร

กลุ่มที่ 3 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 3



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 โรงอาหาร

กลุ่มที่ 4 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 4



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 4 โรงอาหาร

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์จำลองที่ได้รับ และร่วมกันระบุปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแต่ละสถานการณ์จำลองและเขียนบอกชื่อชิ้นส่วนอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของสถานการณ์จำลองที่ได้รับในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแยกปัญหา ดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงานคืออะไร

(แนวคำตอบ ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 จากการตรวจสอบหลอดไฟจะพบว่ามีหลอดไฟจำนวน 1 ดวงไม่ทำงานเนื่องจากหลอดไฟเสีย มีรอยดำทั่วทั้งภายในหลอดไฟฟ้าทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรหลอดไฟดวงดังกล่าว วงจรไฟฟ้าที่ต่อหลอดไฟเป็นแบบขนานจึงทำให้หลอดไฟอีกหนึ่งหลอดใช้งานได้ตามปกติ

ภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 จากการสังเกตภาพจะพบหลอดไฟแตกและหล่นอยู่ภายในโรงอาหารซึ่งคาดการณ์ได้ว่าเกิดจากการถูกลูกฟุตบอลที่ตกอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกระแทกจนหล่นแตกเสียหายทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรทำให้หลอดไฟดังกล่าวไม่ติด แต่อีกหนึ่งหลอดสามารถใช้งานได้ปกติเนื่องจากเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

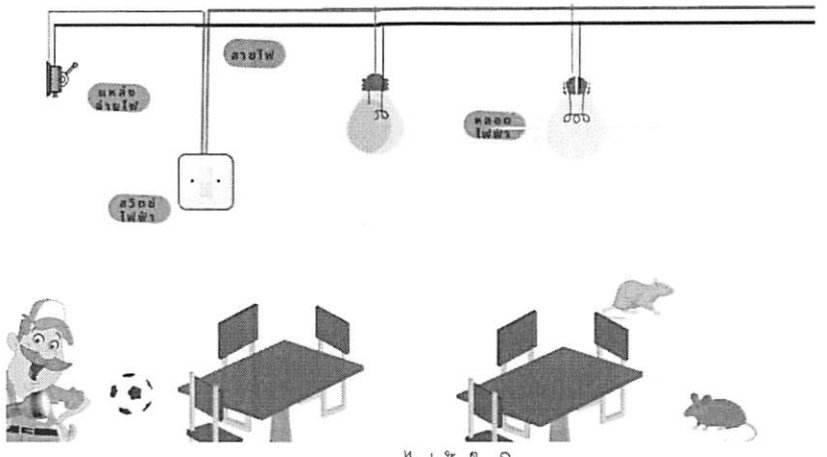
ภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 จากการสังเกตภาพการสนทนากันของตัวละครในห้องอาหารทำให้ทราบสาเหตุของวงจรไฟฟ้าแบบขนานไม่ทำงานคือ สวิตช์ไฟถูกปิดอยู่ ทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรหลอดไฟทั้งสองหลอดจึงไม่ติด

ภาพสถานการณ์จำลองที่ 4 จากการสังเกตภาพจะได้เห็นหนูกำลังกัดสายไฟทำให้สายไฟขาดส่งผลให้ ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรหลอดไฟทั้งสองหลอดจึงไม่ติด)

1.2 ให้นักเรียนวาดภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์ และเขียนบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ประกอบการอธิบายปัญหาย่อยจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ

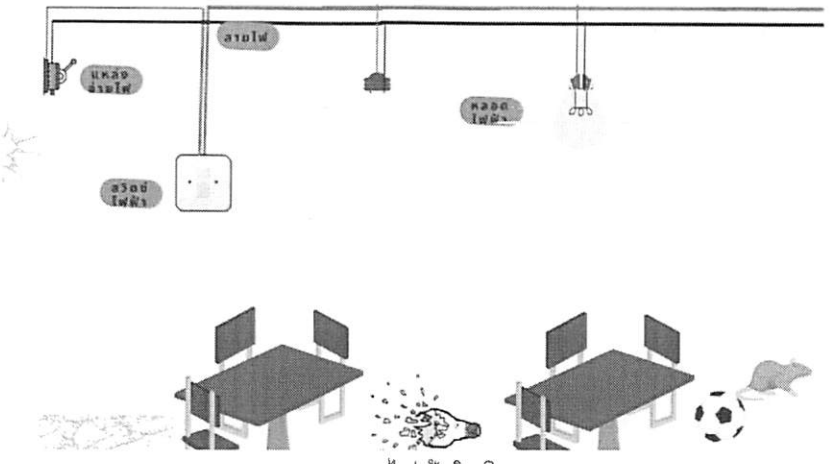
ตัวอย่างภาพวาด

กลุ่มที่ 1 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 1



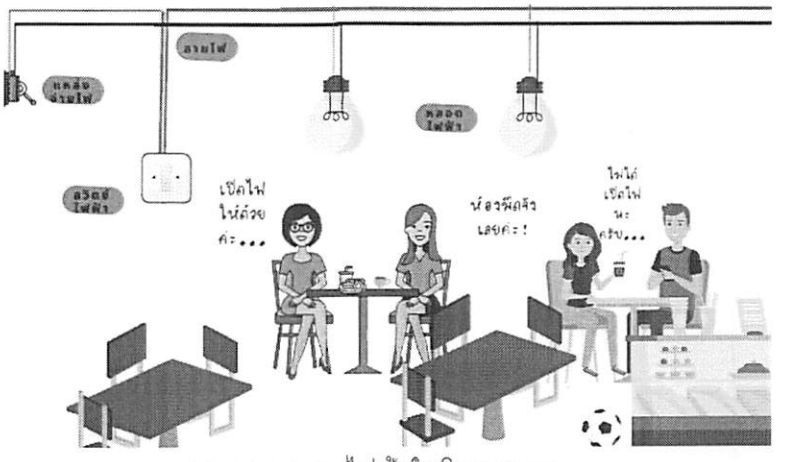
ภาพวาด วงจรไฟฟ้าในโรงอาหาร

กลุ่มที่ 2 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 2



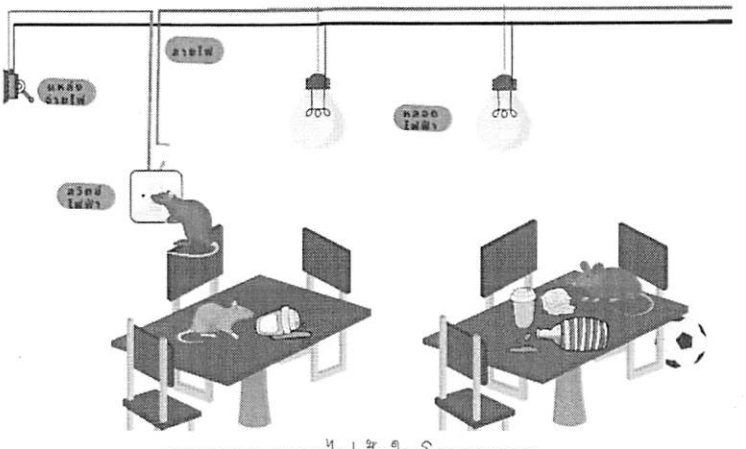
ภาพวาด วงจรไฟฟ้าในโรงอาหาร

กลุ่มที่ 3 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 3



ภาพวาด วงจรไฟฟ้าในโรงอาหาร

กลุ่มที่ 4 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 4



ภาพวาด วงจรไฟฟ้าในโรงอาหาร

2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองที่ได้รับไม่ทำงานเพื่อแสดงความเข้าใจว่าปัญหาหลอดไฟไม่ติดเกิดจากหลายสาเหตุ และบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ได้รับฟัง และสอบถามข้อสงสัย

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) 30 นาที

3. นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่ม และตอบคำถามในบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การหารูปแบบของปัญหา ดังนี้

3.1 จากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ รูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติดคืออะไร และนักเรียนสามารถพบปัญหารูปแบบเดียวกันนี้ได้ในสถานการณ์ใดได้อีกบ้าง

รูปแบบที่	**สถานการณ์จำลอง**	**แนวโน้มของปัญหา**	**สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน**
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		
3	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3		
4	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4		

ตัวอย่างแนวคำตอบ

รูปแบบที่	**สถานการณ์จำลอง**	**แนวโน้มของปัญหา**	**สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน**
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1	เมื่อพบหลอดไฟมีสีดำ หรือเห็นไส้หลอดไฟขาด จะต้องเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ตามปกติ แต่วงจรไฟฟ้าเป็นแบบขนาดหลอดไฟอีกหนึ่งหลอดจึงสามารถทำงานได้ปกติ	หลอดไฟเสียหนึ่งหลอดทำให้ไฟฟ้าเปิดไม่ติดเฉพาะหลอดที่เสีย หลอดไฟอีกหนึ่งหลอดใช้งานได้ตามปกติเพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนาน โดยสามารถพบได้มากในการต่อไฟฟ้าประดับงานต่างๆ เพื่อลดปัญหาหลอดไฟไม่ติดตั้งวงจร

2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2	เมื่อหลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งแตกไฟฟ้าจะสามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าของหลอดที่เหลืออยู่ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ในทันทีเพื่อให้หลอดไฟสามารถส่องสว่างได้ตามปกติ	หลอดไฟแตกทำให้ไม่สามารถเปิดหลอดไฟดวงนั้นได้ แต่หลอดไฟที่เหลือจะสามารถใช้งานได้ พบได้จากการต่อหลอดไฟบริเวณริมทางที่ใช้สวิตซ์ไฟฟ้าอันเดียวกันควบคุมการเปิดปิด
3	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3	เมื่อปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ ถ้าต้องการแสงสว่างจะต้องเปิดสวิตซ์ไฟเพื่อให้ไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าทำให้หลอดไฟสว่าง	สวิตซ์ไฟถูกปิดอยู่ ทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรหลอดไฟทั้งสองหลอดจึงไม่ติด พบเหตุการณ์นี้ได้ที่บ้านเนื่องจากต้องปิดไฟฟ้าตรงบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานเพื่อประหยัดค่าไฟ
4	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4	เมื่อสายไฟฟ้าขาดทำให้วงจรไฟฟ้าถูกตัดขาด ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้จึงต้องซ่อมสายไฟโดยการต่อสายไฟที่ขาดเพื่อให้ไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้เช่นเดิม	หนูกัดสายไฟ ทำให้สายไฟขาด ส่งผลให้ ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจร หลอดไฟฟ้าทั้งสองหลอดจึงไม่ติด พบได้มากบริเวณห้องเก็บของโรงจอดรถ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราไม่ได้ใช้งานนาน หนูอาศัยอยู่ด้านในและกัดสายไฟทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเราใช้งานไม่ได้

3.2 ปัญหาที่มีความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์คืออะไร (แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าแบบขนานจะไม่สามารถทำงานได้ถ้าอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหายหรือทำให้วงจรไฟฟ้าถูกตัดขาด เช่น หลอดไฟหลอดเสีย(อีกหลอดที่เหลือยังใช้งานได้) สายไฟขาด สวิตซ์ไฟถูกปิด เป็นต้น)

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ให้เพื่อนๆ รับฟังเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างกลุ่ม

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) 30 นาที

4. นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ในตารางแยกข้อมูล โดยการพิจารณาสาเหตุของปัญหาในวงจรไฟฟ้าและตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก ดังนี้

ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4		

แนวคำตอบ

ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.ไส้หลอดไฟขาด 1 หลอด ทำให้หลอดไฟฟ้าดังกล่าวไม่ติด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. ไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟ 2. สายไฟขาดจากหนูกัดสาย
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.หลอดไฟแตกจากการถูกลูกฟุตบอลกระแทกจนแตกจำนวน 1 หลอด ทำให้หลอดไฟฟ้าติดเพียงหนึ่งหลอด เนื่องจากเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนาน	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.ไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟ 2.สายไฟขาดจากหนูกัดสาย
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.ไม่ได้เปิดสวิตช์ไฟทำให้ไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจรทำให้หลอดไฟฟ้าทั้ง 2 หลอดไม่ติด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.หลอดไฟเสีย 2.สายไฟขาด 3.สวิตช์ไฟเสีย
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.สายไฟขาดจากหนูกัดสายหลอดไฟทั้ง 2 หลอดจึงไม่ติด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.สวิตช์ไฟฟ้าปิดอยู่ 2.หลอดไฟเสีย

ให้นักเรียนเขียนบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้

(แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าแบบขนานประกอบไปด้วย แหล่งพลังงาน (ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) สายไฟ สวิตช์ และหลอดไฟฟ้า(จำนวน2หลอดต่อกันด้วยวงจรขนาน) เป็นอุปกรณ์หลักที่จะต้องใช้ในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวเสียหายจะทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้)

5. จากปัญหาการต่อหลอดไฟฟ้าโดยใช้วงจรไฟฟ้าแบบขนาน พบปัญหาที่ทำให้หลอดไฟฟ้าไม่ติดหลายอย่าง ให้นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงานโดยใช้วงจรไฟฟ้าแบบขนานต่อหลอดไฟในชิ้นงาน เช่น หลอดไฟประดับรั้วโรงเรียน โดยใช้ความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้น ในการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าแบบขนานให้ทำงานได้อัตโนมัติ ใช้งานสะดวก และมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น 1 ชิ้นงาน

(แนวคำตอบ ชิ้นงานไฟประดับรั้วโรงเรียนอัตโนมัติต่อด้วยวงจรไฟฟ้าแบบขนานออกแบบการเขียนโปรแกรมให้บอร์ด micro:bit สั่งให้ไฟฟ้าติดอัตโนมัติเมื่อมีคนเดินผ่าน หน่วงเวลาครู่หนึ่งและปิดเมื่อไม่มีคนอยู่ในห้อง)

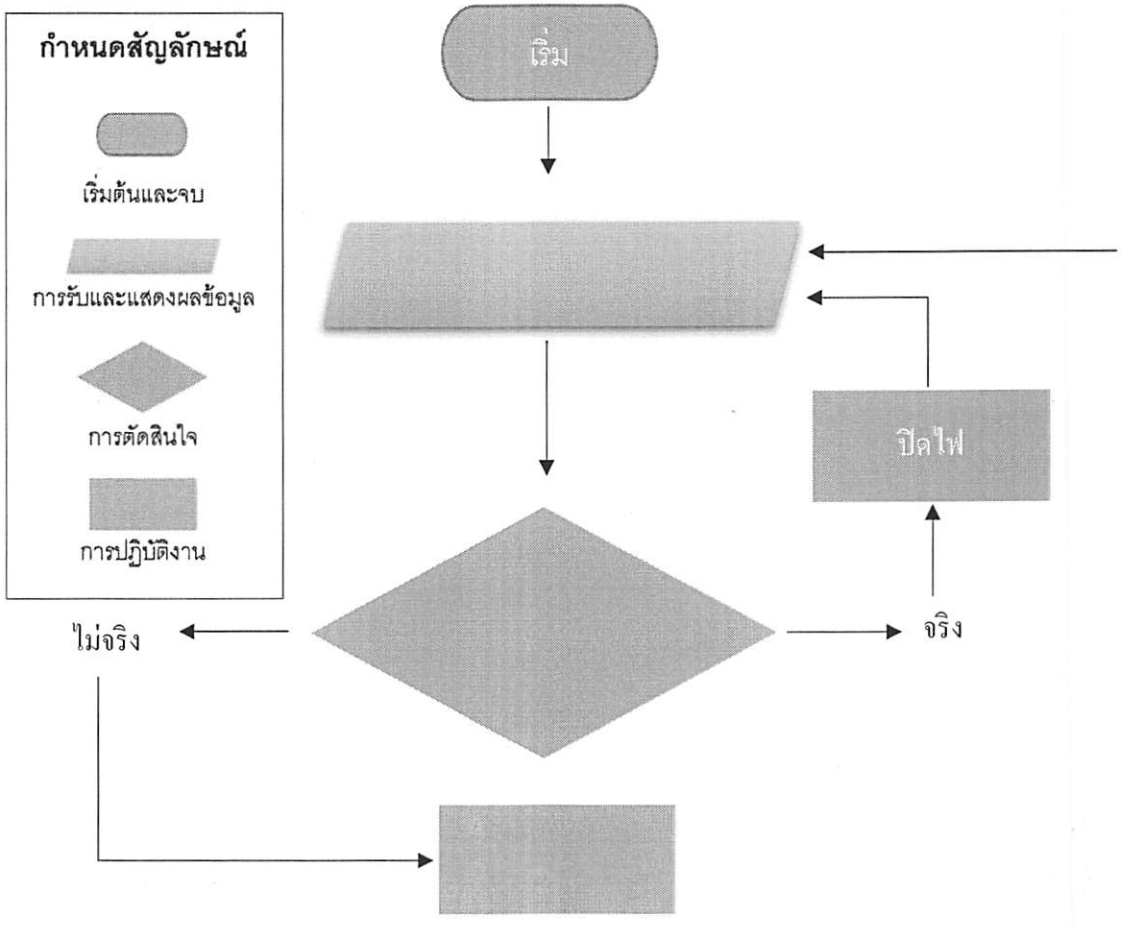
ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) 120 **นาที**

6. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงาน เพื่อเขียนลำดับขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมในการควบคุมบอร์ด micro:bit โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงานลงในบันทึกกิจกรรมที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี

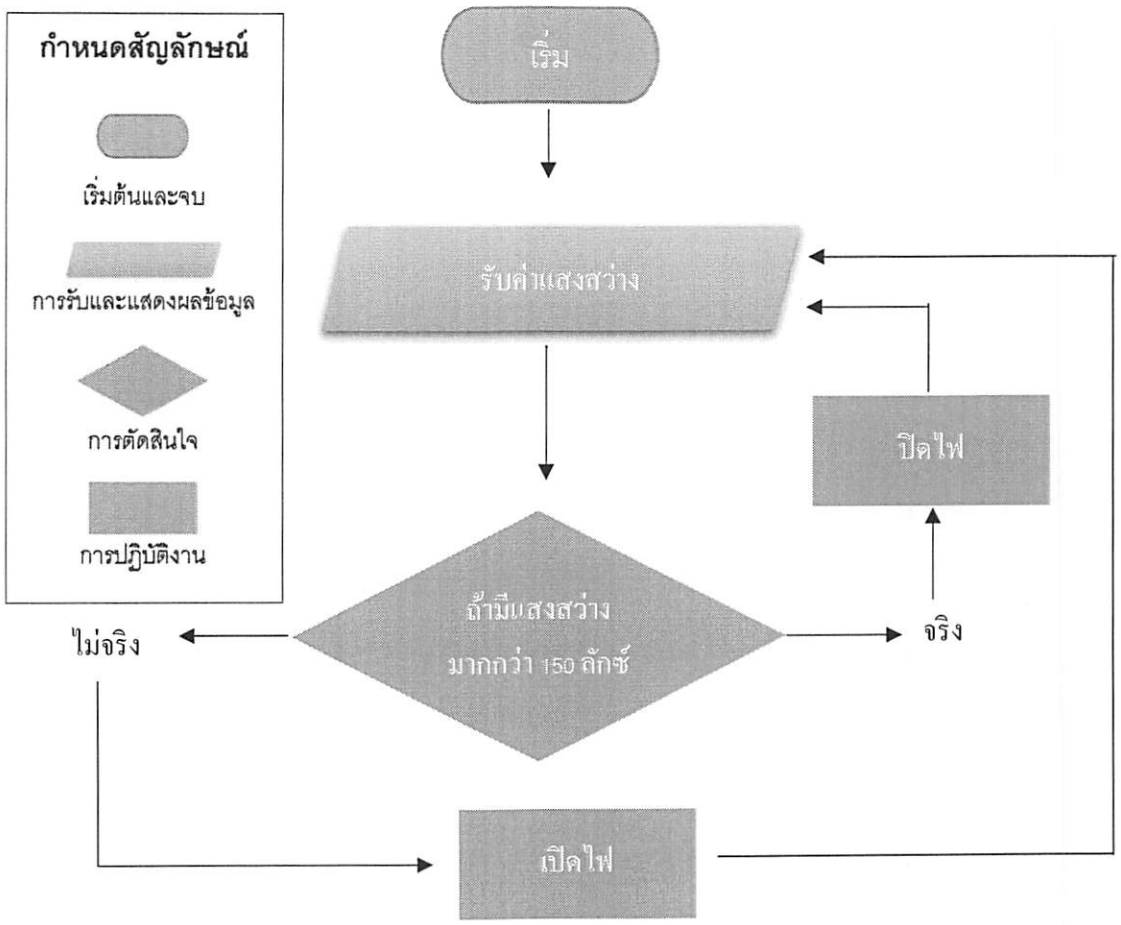
<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนใช้ประโยคต่อไปนี้เติมลงในผังงานและลากเส้นเชื่อมโยงสัญลักษณ์ของผังงานให้สมบูรณ์

ถ้ามีแสงสว่างมากกว่า 150 ลักซ์	รับค่าแสงสว่าง	เปิดไฟ	ลากเส้น

ผังงานในการการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)



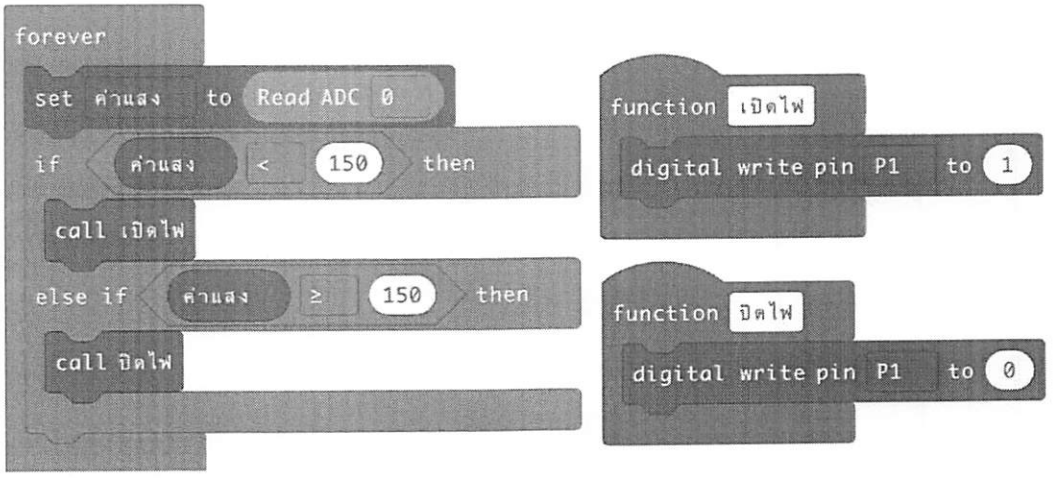
ตัวอย่าง ผังงานในการการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)



7. นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่เตรียมไว้ดังนี้
1) หลอดไฟ 1 หลอด 2) สายไฟ 2 เส้น 3) บอร์ด micro:bit 4)แบบจำลอง 1 ชุด
5) เซนเซอร์ตรวจค่าแสง 1 ชุด

8. เขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อให้บอร์ด micro:bit ควบคุมหลอดไฟให้ทำงานได้อัตโนมัติ

ตัวอย่าง คำสั่งที่เลือกใช้ในโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit



ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการเขียนโปรแกรม

9. นักเรียนนำเสนอชิ้นงานและอธิบายการทำงานของชิ้นงานที่สร้างโดยมุ่งเน้นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายชิ้นงานของตนเอง พร้อมสรุปเกี่ยวกับวิธีการทำงานให้เห็นการใช้ทักษะการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่งภาพถ่ายชุดคำสั่งชิ้นงานหลอดไฟฟ้าอัตโนมัติที่ http://gg.gg/lq0a9

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- แหล่งสืบค้นข้อมูลเรื่องวงจรไฟฟ้าและการเขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ใน Internet และ https://MakeCode.microbit.org/
- โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit
- บันทึกกิจกรรมการเรียนรู้
- คู่มือการใช้งานโปรแกรม MakeCode เบื้องต้น
- ใบความรู้วงจรไฟฟ้า

9. ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

แบบประเมินบันทึกกิจกรรมนักเรียน

ชื่อ ..... **เลขที่** .....

เกณฑ์ประเมิน ปรับปรุงจากเกณฑ์การถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ Peel et al. (2019)

รายการการประเมิน	ระดับคุณภาพการถ่ายโอนทักษะการคิดเชิงคำนวณ						ผลประเมินนักเรียน
	ถ่ายโอนแบบสร้างสรรค์ (6)	ถ่ายโอนแบบไกล (5)	ถ่ายโอนแบบใกล้ (4)	ถ่ายโอนแบบ สู่บริบท (3)	ถ่ายโอนแบบประยุกต์ (2)	ถ่ายโอนแบบไม่เจาะจง (1)	
1. การแยกปัญหา (Decomposition)	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิม เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกประเด็นปัญหาได้ และอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิต ประจำวัน	นักเรียนแยกปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีแยกประเด็นปัญหาได้	
2. การหารูปแบบปัญหา (Pattern recognition)	นักเรียนหารูปแบบปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิม เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาได้ และอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิต ประจำวัน	นักเรียนหารูปแบบปัญหาได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีหารูปแบบปัญหาได้	
3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้ และอธิบายปัญหาที่ต่างจากเดิมในชีวิตประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้ และอธิบายปัญหาเดิมที่พบในชีวิต ประจำวัน	นักเรียนแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้ ตามสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีแยกส่วนสำคัญของปัญหาได้	
4. การออกแบบขั้นตอน (Algorithms)	นักเรียนใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ที่ต่างจากเดิม	นักเรียนใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่าง	ใช้ความรู้เดิมออกแบบขั้นตอนและสร้างคำสั่งในสถานการณ์ที่ต่างจากเดิม	นักเรียนออกแบบขั้นตอนและเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างชิ้นงานได้	นักเรียนออกแบบขั้นตอนและเขียนโปรแกรมตามสถานการณ์ที่กำหนดได้	นักเรียนใช้ความรู้ที่มีอธิบายคำสั่งในโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	

ลงชื่อผู้ประเมิน .....

(.....)

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ใฝ่เรียนรู้

ตัวชี้วัดที่ 4.1 ตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

พฤติกรรมบ่งชี้	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	ผ่าน (1)	ไม่ผ่าน (0)
4.1.1 ตั้งใจเรียน 4.1.2 เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ 4.1.3 สนใจเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ เข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ เป็นประจำ	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ บ่อยครั้ง	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ เข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ บางครั้ง	ไม่ตั้งใจเรียน

มุ่งมั่นในการทำงาน

ตัวชี้วัดที่ 6.1 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่การงาน

พฤติกรรมบ่งชี้	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	ผ่าน (1)	ไม่ผ่าน (0)
6.1.1 เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 6.1.2 ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ 6.1.3 ปรับปรุงและพัฒนาการทำงานด้วยตนเอง	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นด้วยตนเอง	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น	ตั้งใจและรับผิดชอ ในการปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ	ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่การงาน

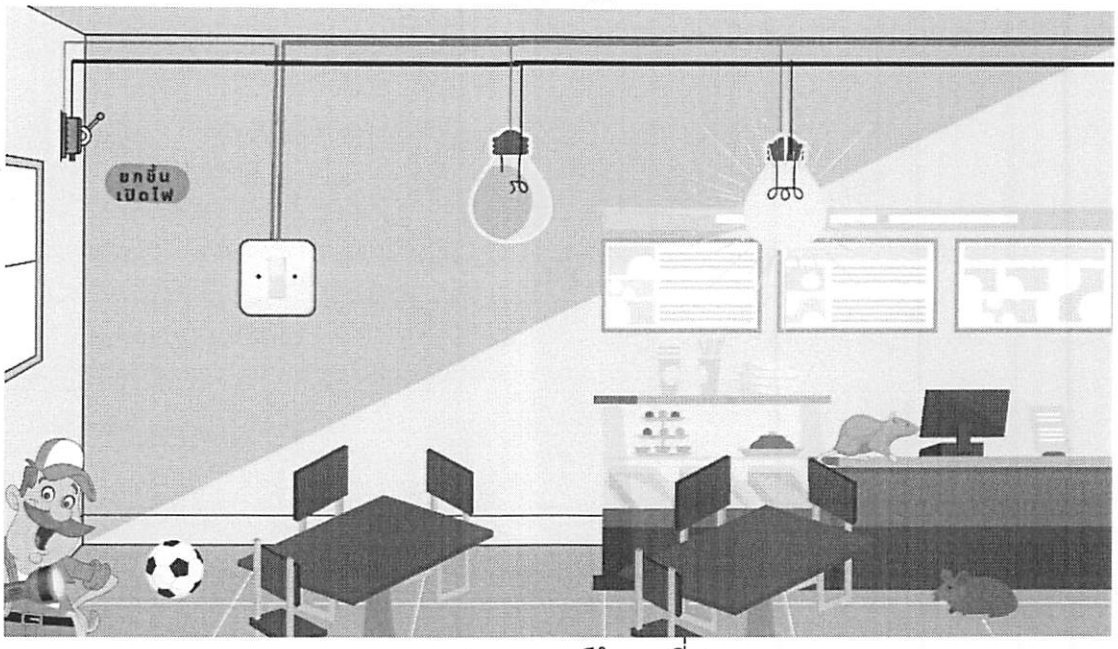
แบบบันทึกกิจกรรม
วงจรไฟฟ้าแบบขนาน (4 ชั่วโมง)

ชื่อ ..... **ชั้น** ..... **เลขที่** .....

คำอธิบาย ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ และตอบคำถามท้ายกิจกรรมให้ครบทุกข้อ

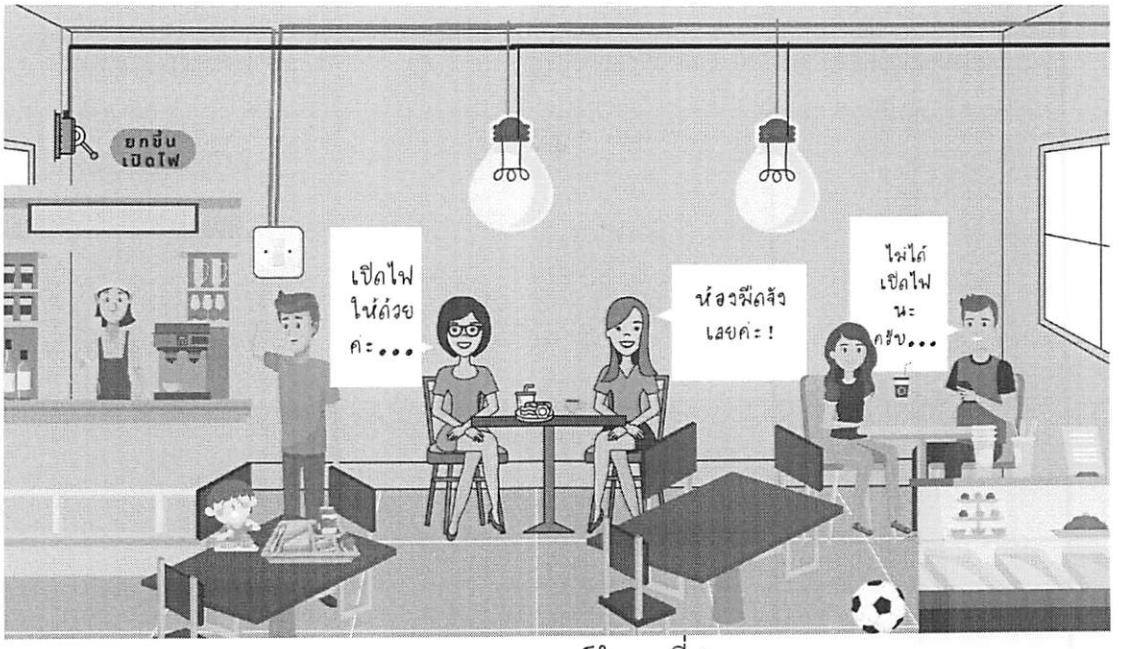
กิจกรรมที่ 1. การแยกปัญหา (60 นาที)

ภาระงาน

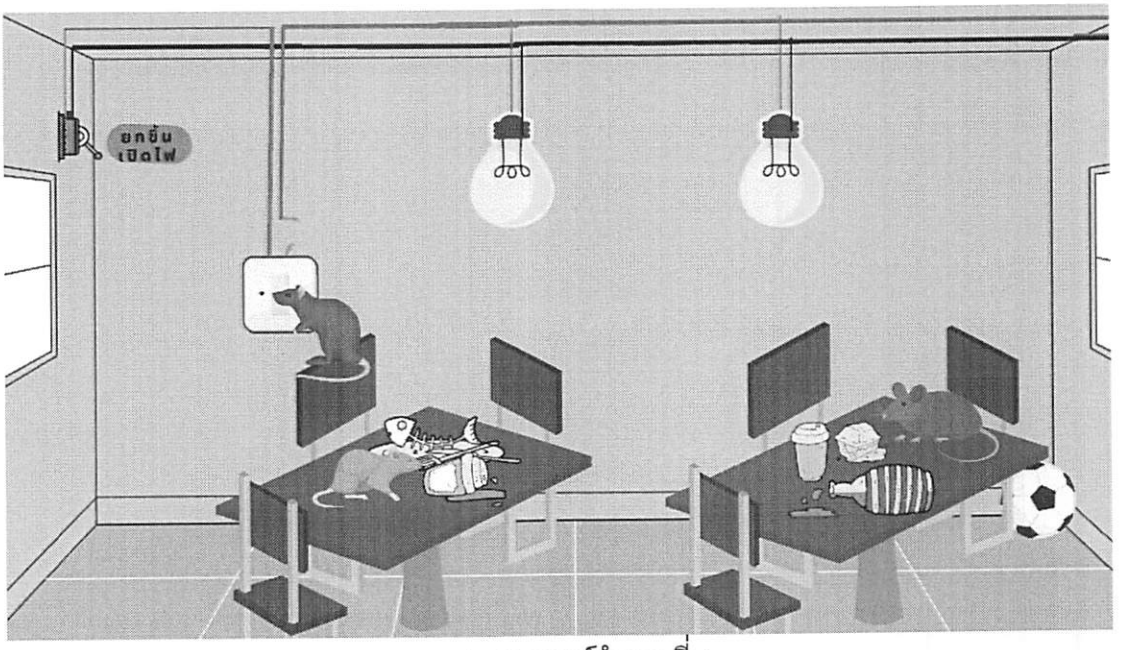


ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1

ภาพสถานการณ์จำลองที่ 2



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 3



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 4

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 กลุ่ม และได้รับสถานการณ์ภายในโรงอาหาร ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 1
กลุ่มที่ 2 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 2
กลุ่มที่ 3 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 3
กลุ่มที่ 4 ได้รับภาพสถานการณ์จำลองที่ 4

แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์จำลองที่ได้รับ และร่วมกันระบุปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแต่ละสถานการณ์จำลองและเขียนบอกชื่อชิ้นส่วนอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของสถานการณ์จำลองที่ได้รับในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแยกปัญหา ดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงานคืออะไร

.....

.....

.....

.....

1.2 ให้นักเรียนวาดภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์ และเขียนบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่พบในสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ประกอบการอธิบายปัญหาย่อยจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ

2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองที่ได้รับไม่ทำงาน และบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้เพื่อนๆ ได้รับฟัง และสอบถามข้อสงสัย

กิจกรรมที่ 2. การหารูปแบบปัญหา (30 นาที)

นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่ม และตอบคำถามในบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การหารูปแบบของปัญหา ดังนี้

2.1 จากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ รูปแบบของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติดคืออะไร และนักเรียนสามารถพบปัญหารูปแบบเดียวกันนี้ได้ในสถานการณ์ใดได้อีกบ้าง

รูปแบบที่	**สถานการณ์จำลอง**	**แนวโน้มของปัญหา**	**สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน**
1	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
2	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		
3	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3		
4	โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4		

2.2 ปัญหาที่มีความคล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในสถานการณ์ของแต่ละกลุ่มคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ให้เพื่อนๆ รับฟังเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างกลุ่ม

กิจกรรมที่ 3. การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก (30 นาที)

นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ในตารางแยกข้อมูล และตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก ดังนี้

3.1 ให้นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลจากสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ลงในตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	**ข้อมูลสำคัญ**	**ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง**
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 1		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 2		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 3		
โรงอาหาร สถานการณ์ที่ 4		

ให้นักเรียนเขียนบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 จากปัญหาการต่อหลอดไฟฟ้าโดยใช้วงจรไฟฟ้าแบบขนาน พบปัญหาที่ทำให้หลอดไฟฟ้าไม่ติดหลายอย่าง ให้นักเรียนอธิบายการออกแบบชิ้นงานโดยใช้วงจรไฟฟ้าแบบขนานต่อหลอดไฟในชิ้นงาน เช่น หลอดไฟประดับรั้วโรงเรียน โดยใช้ความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้น ในการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าแบบขนานให้ทำงานได้อัตโนมัติ ใช้งานสะดวก และมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น 1 ชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

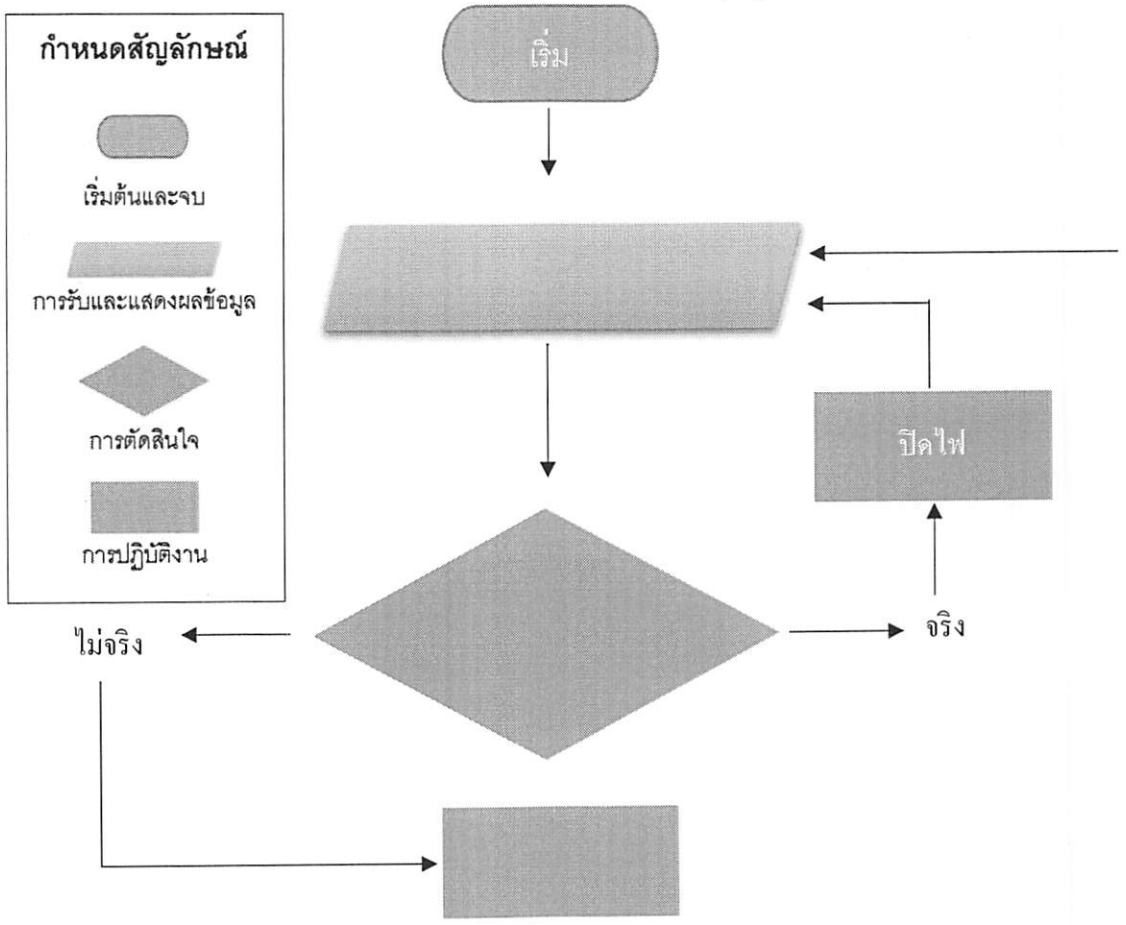
กิจกรรมที่ 4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (120 นาที)

4.1 ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงาน เพื่อเขียนลำดับขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมในการควบคุมบอร์ด micro:bit โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงานลงในบันทึกกิจกรรมที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนใช้ประโยคต่อไปนี้เติมลงในผังงานและลากเส้นเชื่อมโยงสัญลักษณ์ของผังงาน ให้สมบูรณ์

ถ้ามีแสงสว่างมากกว่า 150 ลักซ์	รับค่าแสงสว่าง	เปิดไฟ	ลากเส้น

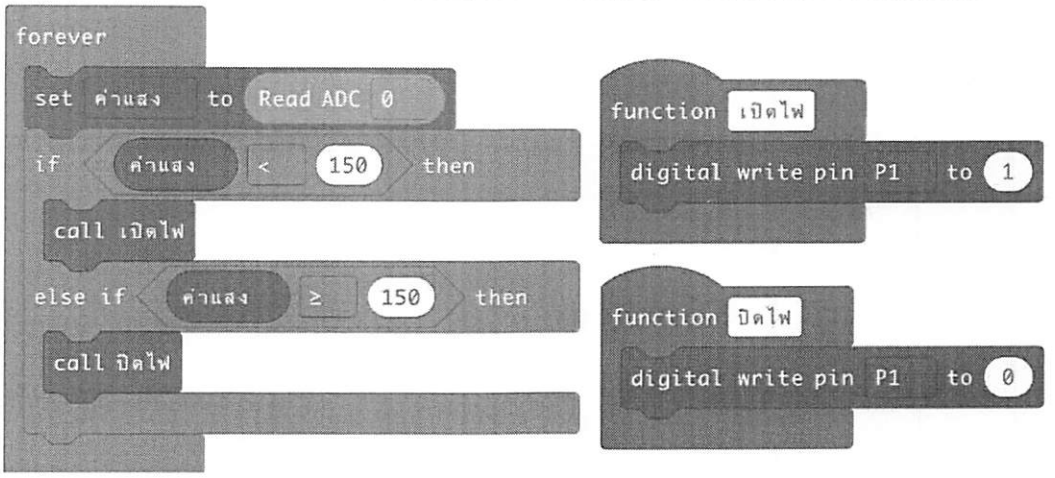
ผังงานในการการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)



4.2 นักเรียนร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่เตรียมไว้ดังนี้
1) หลอดไฟ 1 หลอด 2) สายไฟ 2 เส้น 3) บอร์ด micro:bit 4) แบบจำลอง 1 ชุด
5) เซนเซอร์ตรวจวัดค่าแสง 1 ชุด

4.3. เขียนโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อให้บอร์ด micro:bit ควบคุมหลอดไฟให้ทำงานได้อัตโนมัติ

ตัวอย่าง คำสั่งที่เลือกใช้ในโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit



ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการเขียนโปรแกรม

4.4 นักเรียนนำเสนอชิ้นงานและอธิบายการทำงานของชิ้นงานที่สร้างโดยมุ้งเน้นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายชิ้นงานของตนเอง พร้อมสรุปเกี่ยวกับวิธีการทำงานให้เห็นการใช้ทักษะการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่งภาพถ่ายชุดคำสั่งชิ้นงานหลอดไฟฟ้าอัตโนมัติที่ http://gg.gg/lq0a9

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณกับข้อคำถามในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง
เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณกับแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณกับข้อคำถามในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณกับแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ แบ่งตามระดับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง "คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง" ดังนี้

-1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ

0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณหรือไม่

+1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม กรุณาเขียนลงในช่องว่างที่กำหนด

*** * * * ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในความกรุณาของท่าน * * * ***

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณกับแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ	ข้อคำถาม	คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
การแยกส่วนประกอบหรือการย่อยปัญหา หมายถึง นักเรียนสามารถพิจารณาและแบ่งปัญหาในวงจรไฟฟ้าออกเป็นส่วนย่อยเพื่อใช้สามารถแก้ไขปัญหา และอธิบายวงจรไฟฟ้าที่พบในชีวิตประจำวัน	นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าในสถานการณ์จำลองไม่ทำงานคืออะไร และระบุว่าเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบใด (เลือกสถานการณ์ 1 สถานการณ์เพื่ออธิบาย)				
	ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนบอกชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าแบบผสมที่พบในสถานการณ์จำลอง (วาดเฉพาะวงจร ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่เลือกในข้อ 1.)				
การหารูปแบบของปัญหา หมายถึง ผู้เรียนสามารถพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาและอธิบายวงจรไฟฟ้าที่พบในชีวิตประจำวัน	จากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ รูปแบบแนวโน้มของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟไม่ติด คืออะไร และนักเรียนสามารถพบปัญหารูปแบบเดียวกันนี้ได้ในสถานการณ์ใดได้อีกบ้าง				
	ปัญหาที่มีความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์คืออะไร				

องค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ	ข้อคำถาม	คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
หาคำตอบให้อยู่ในรูปแบบของปัญหาหลัก หมายถึง ผู้เรียนพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาวงจรไฟฟ้า แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญเพื่อใช้อธิบายปัญหาวงจรไฟฟ้าที่พบในชีวิตประจำวัน	ให้นักเรียนแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ในตารางแยกข้อมูลโดยการพิจารณาสาเหตุของปัญหาในวงจรไฟฟ้าและเขียนบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบผสมทำงานได้				
	ถ้านักเรียนจะนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยมีการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าให้ทันสมัยและสะดวกใช้งานมากขึ้นนักเรียนจะนำความรู้ที่มีไปใช้ทำอะไรได้บ้าง เพื่อให้เราใช้ไฟฟ้าได้อย่างสะดวกสบายและมีความปลอดภัยมากที่สุด				
การออกแบบขั้นตอนวิธี หมายถึง นักเรียนออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยมีลำดับคำสั่งชัดเจนสามารถนำมาเขียนบล็อกคำสั่งในโปรแกรม Microsoft MakeCode For Micro:bit เพื่อออกแบบบล็อกคำสั่งควบคุมวงจรไฟฟ้าให้ทำงานได้อัตโนมัติและใช้อธิบายการนำความรู้ไปใช้เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่จากชิ้นงานวงจรไฟฟ้าเดิมที่สร้างขึ้น	ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้ากับการเขียนโปรแกรมควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อสร้างแบบจำลองหลอดไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่ ให้เปิดปิดได้อัตโนมัติและกระพริบได้ โดยออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงาน				
	นักเรียนร่วมกันใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ให้สั่งการเปิด/ปิดหลอดไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่ได้อัตโนมัติได้ด้วยการสร้างตัวแปรในโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit				

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

โดยภาพรวมคุณภาพระหว่างองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณและข้อคำถามในแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ อยู่ในระดับ

☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ ปานกลา☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ภาคผนวก ฉ ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ตาราง 24 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ข้อที่	องค์ประกอบของทักษะกา คิดเชิงคำนวณ	ระดับความสอดคล้องจาก ผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	IOC	แปลผล
		1	2	3	3		
1	การแยกย่อยปัญหา	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การหารูปแบบของปัญหา	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
3	การหารูปแบบของปัญหา	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
4	การคิดเชิงนามธรรม	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
5	การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6	การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
7	การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

สรุปแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ทั้ง 8 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามเกณฑ์การประเมินผลของเทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไทย (2539, น. 181)

ภาคผนวก ช แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 วงจรไฟฟ้า

รายวิชา ว 16101 วิทยาศาสตร์ 6 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เวลา 2 ชั่วโมง
ชื่อนักเรียน ..... ชั้น ป.6 เลขที่ .....

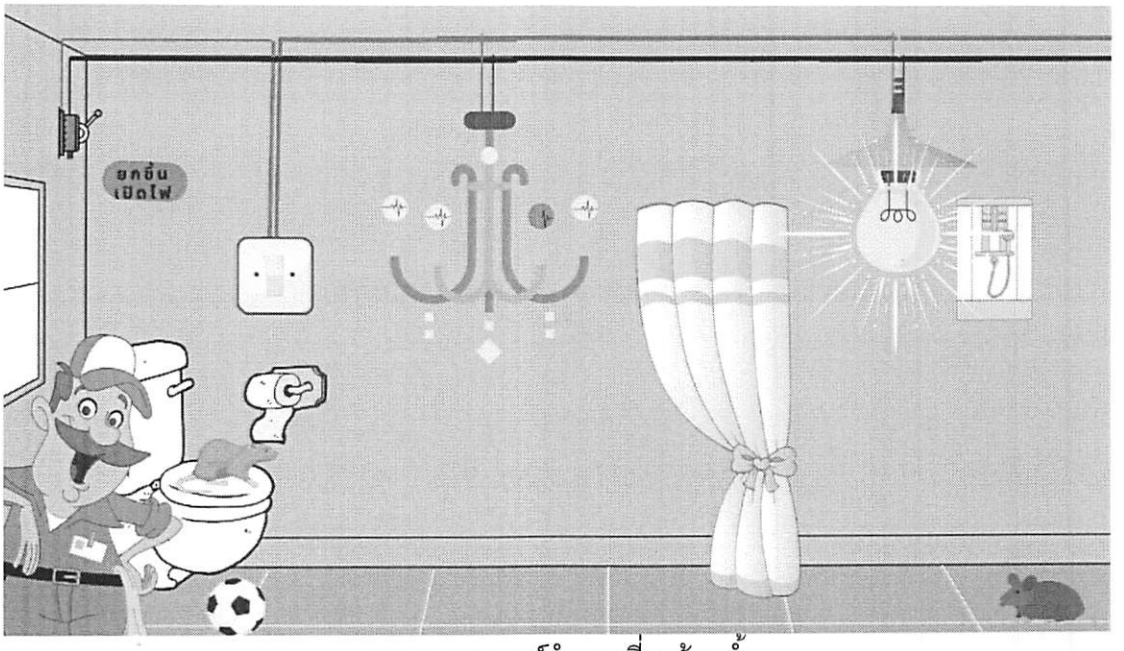
คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีจำนวน 7 ข้อ
2. มีระยะเวลาในการทำข้อสอบ 2 ชั่วโมง
3. ข้อสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้
   ตอนที่ 1จำนวน 5 ข้อ ให้นักเรียนทำลงในกระดาษคำตอบ
   (1 ชั่วโมง)
   ตอนที่ 2จำนวน 2 ข้อ ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode for micro:bit ผ่านคอมพิวเตอร์ในการออกแบบคำสั่งและสร้างชิ้นงาน
   (1 ชั่วโมง)
4. ไม่อนุญาตให้นำข้อสอบออกจากห้องสอบ
5. มีข้อสงสัย กรุณายกมือสอบถาม **พบทุจริตไม่ผ่านกิจกรรมทันที**

ตอนที่ 1

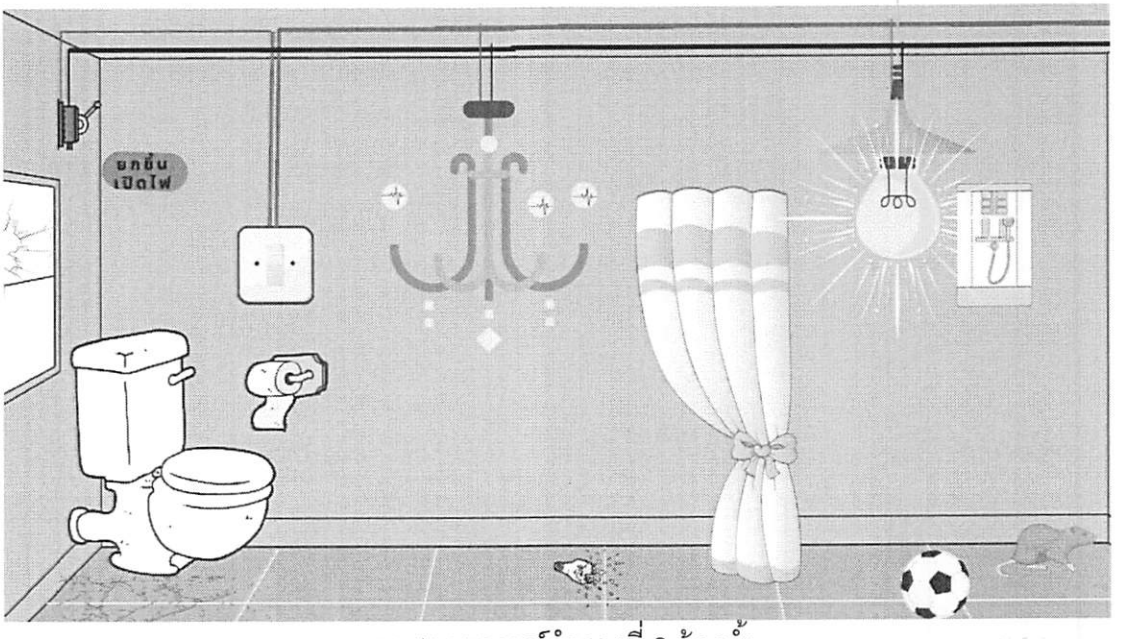
คำชี้แจง ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ และเขียนเพื่ออธิบายคำตอบให้ถูกต้อง ครอบคลุมทุกประเด็น

สถานการณ์จำลองที่ 1



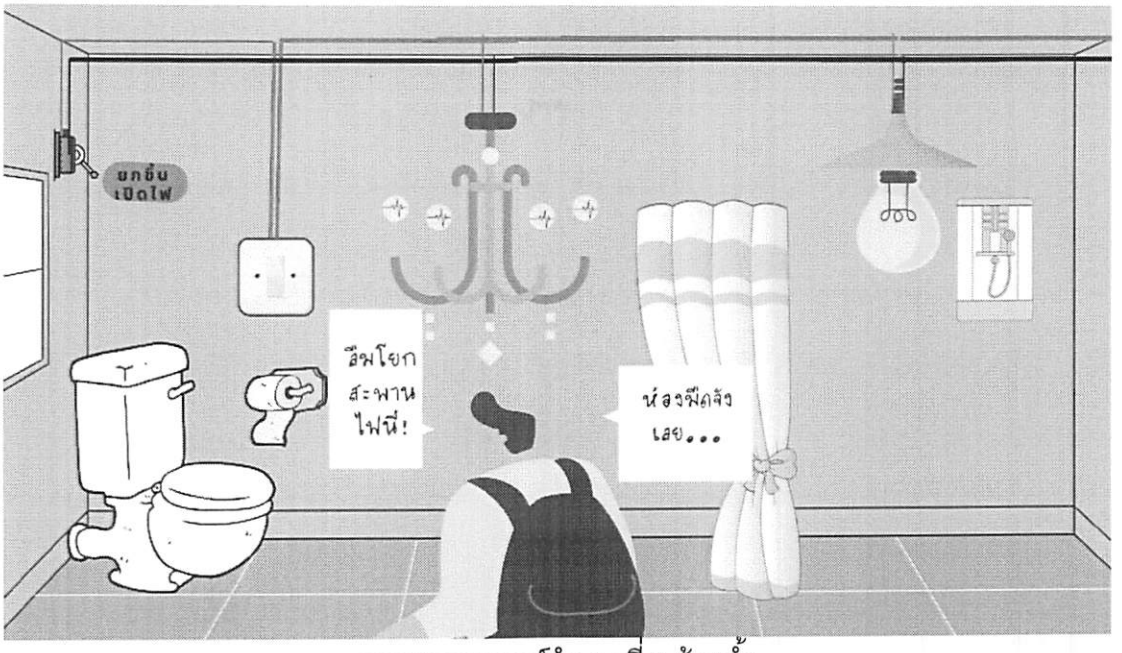
ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 ห้องน้ำ

สถานการณ์จำลองที่ 2



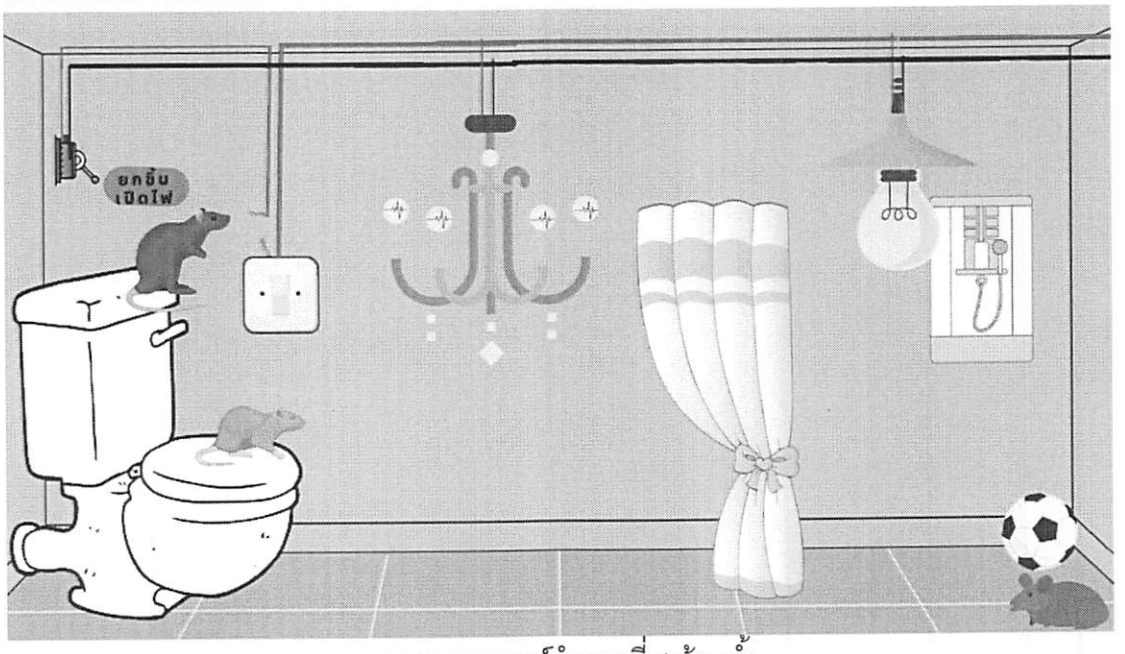
ภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 ห้องน้ำ

สถานการณ์จำลองที่ 3



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 ห้องน้ำ

สถานการณ์จำลองที่ 4



ภาพสถานการณ์จำลองที่ 4 ห้องน้ำ

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาย่อยจากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ ที่เป็นสาเหตุให้หลอดไฟในวงจรไฟฟ้าแบบผสมไม่ติดให้ครอบคลุมทุกปัญหา และวาดภาพวงจรไฟฟ้าเพื่อประกอบคำอธิบาย

(แนวคำตอบ จากสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์จะสามารถแยกปัญหาในเรื่องหลอดไฟฟ้าไม่ติดได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่

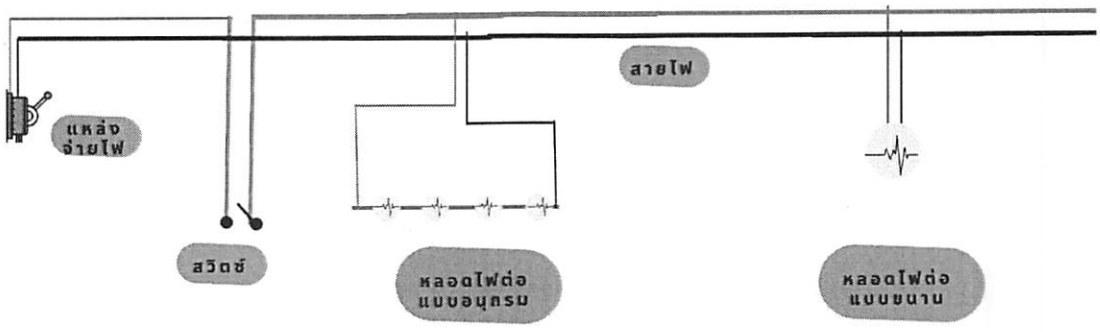
1.1 มีหลอดไฟในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเสียทำให้หลอดอื่นๆ อยู่ในวงจรเดียวกันไม่ติด

1.2 หลอดไฟ 1 หลอดแตกเสียหายทำให้หลอดไฟที่ต่อด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมไม่ติดทั้งหมด

1.3 หลอดไฟไม่ติดจากการไม่ได้โยกสะพานไฟฟ้าทำให้ไฟฟ้าไม่ไหลผ่านวงจรไฟฟ้า หลอดไฟจึงไม่ติด

1.4 สายไฟชำรุดทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ หลอดไฟจึงไม่ติด

ตัวอย่างภาพวาดประกอบคำอธิบาย



ภาพวาด วงจรไฟฟ้าแบบผสม

2. นักเรียนพิจารณารูปแบบแนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบผสมภายในสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ และตอบคำถาม ดังนี้

2.1 จากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ รูปแบบแนวโน้มของปัญหาที่ทำให้หลอดไฟในวงจรไฟฟ้าแบบผสมไม่ติด คืออะไร และนักเรียนสามารถพบปัญหารูปแบบเดียวกันนี้ได้ในสถานการณ์ใดได้อีกบ้าง

รูปแบบที่	**สถานการณ์จำลอง**	**รูปแบบแนวโน้มของปัญหา**	**สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน**
1	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1		
2	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2		
3	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 3		
4	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 4		

ตัวอย่างแนวคำตอบ

รูปแบบที่	**สถานการณ์จำลอง**	**รูปแบบแนวโน้มของปัญหา**	**สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน**
1	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	เมื่อพบหลอดไฟมีสีดำ หรือเห็นไส้หลอดไฟขาด จะต้องเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อให้วงจรไฟฟ้าสามารถทำงานได้ตามปกติ	หลอดไฟเสียทำให้ไฟฟ้าเปิดไม่ติด สามารถพบได้บ่อยในเหตุการณ์ ไฟเลี้ยวรถยนต์และรถมอเตอร์ไซด์ขาดทำให้เปิดไฟไม่ได้
2	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	เมื่อหลอดไฟแตกไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เพื่อให้หลอดไฟสามารถส่องสว่างได้ตามปกติ	หลอดไฟแตกทำให้ไม่สามารถเปิดไฟได้เนื่องจากอุปกรณ์ชำรุด พบได้จากเหตุการณ์หลอดไฟริมถนนแตกจากอุบัติเหตุทำให้ถนนมืด

3	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 3	เมื่อปิดสวิตช์ไฟฟ้าหรือโยกสะพานไฟฟ้าออก ไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ ถ้าต้องการแสงสว่างจะต้องเปิดสวิตช์หรือโยกสะพานไฟฟ้าให้ต่อกันเพื่อให้ไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าทำให้หลอดไฟสว่าง	สวิตช์ไฟถูกปิดอยู่ ทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจร หลอดไฟจึงไม่ติด พบเหตุการณ์นี้ได้ที่บ้าน เนื่องจากต้องปิดไฟฟ้าตรงบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานเพื่อประหยัดค่าไฟ
4	ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 4	เมื่อสายไฟฟ้าขาดทำให้วงจรไฟฟ้าถูกตัดขาด ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้จึงต้องซ่อมสายไฟโดยการต่อสายไฟที่ขาดเพื่อให้ไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้เช่นเดิม	หนูกัดสายไฟ ทำให้สายไฟขาดส่งผลให้ ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้ครบวงจรหลอดไฟจึงไม่ติด พบได้มากบริเวณห้องเก็บของ โรงจอดรถ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราไม่ได้ใช้งานนาน

2.2 **ปัญหาที่มีความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์คืออะไร**
(แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าแบบผสมจะไม่สามารถทำงานได้ถ้าอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหายหรือทำให้วงจรไฟฟ้าถูกตัดขาด เช่น หลอดไฟเสีย สายไฟขาด สวิตช์ไฟถูกปิด เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้วงจรไฟฟ้าถูกเปิดออก กระแสไฟฟ้าจึงไม่สามารถไหลผ่านได้ครบวงจรเพื่อให้หลอดไฟส่องสว่างได้ตามปกติ)

3. ให้นักเรียนแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ในตารางแยกข้อมูล โดยการพิจารณาสาเหตุของปัญหาในวงจรไฟฟ้าและตอบคำถามดังนี้

ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1		

ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2		
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 3		
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 4		

แนวคำตอบ

ตารางแยกข้อมูล

สถานการณ์	ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 1	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.หลอดไฟเสีย 1 หลอดในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมทำให้หลอดไฟที่ตอบแบบอนุกรมไม่ทำงานทั้งหมด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1. ลูกฟุตบอลไม่ได้ทำให้หลอดไฟชำรุด เหมือนสถานการณ์ที่ 2 2. หนูไม่ได้กัดสายไฟเหมือนสถานการณ์ที่ 4 3.จากการสังเกตสะพานไฟถูกยกขึ้นและมีหลอดไฟหนึ่งดวงติดอยู่ดังนั้นไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าแบบผสมแล้ว

ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 2	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.หลอดไฟชำรุดจากการถูกลูกฟุตบอลกระแทกจนแตกทำให้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมไม่ทำงานทั้งหมด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.จากการสังเกตสะพานไฟถูกยกขึ้นและมีหลอดไฟหนึ่งดวงติดอยู่ดังนั้นมีไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้าแบบผสมแล้ว 2.หนูในภาพไม่ได้กัดสายไฟแบบสถานการณ์ที่ 4
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 3	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.ไม่ได้โยกสะพานไฟฟ้าทำให้ไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจรทำให้หลอดไฟฟ้าไม่ติด	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.หลอดไฟฟ้าทุกหลอดมีสภาพปกติไม่เสียหาย 2.สายไฟอยู่ในภาพปกติไม่มีจุดขาดเสียหาย
ห้องน้ำ สถานการณ์ที่ 4	สาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ทำงานมีดังนี้ 1.สายไฟขาดจากหนูกัดสายไฟฟ้าทำให้ไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร	ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ 1.หลอดไฟทุกหลอดอยู่ในสภาพปกติไม่มีรอยดำ หรือไส้หลอดขาด

ให้นักเรียนเขียนบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบผสมทำงานได้

(แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าแบบผสมประกอบไปด้วย แหล่งพลังงาน (ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) สายไฟ สวิตช์ และหลอดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์หลักที่จะต้องใช้ในวงจรไฟฟ้าแบบผสม เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวเสียหายจะทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านวงจรไฟฟ้าได้)

4. จากปัญหาหลอดไฟฟ้าไม่ทำงานจากหลายสาเหตุ ให้นักเรียนเขียนอธิบายการออกแบบชิ้นงานโดยใช้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานต่อหลอดไฟในชิ้นงานเช่น ไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่ โดยใช้ความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม MakeCode ควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้นที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว ในการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าแบบผสมให้ทำงานได้อัตโนมัติ สะดวกใช้งาน และมีความปลอดภัยมากขึ้น 1 ชิ้นงาน

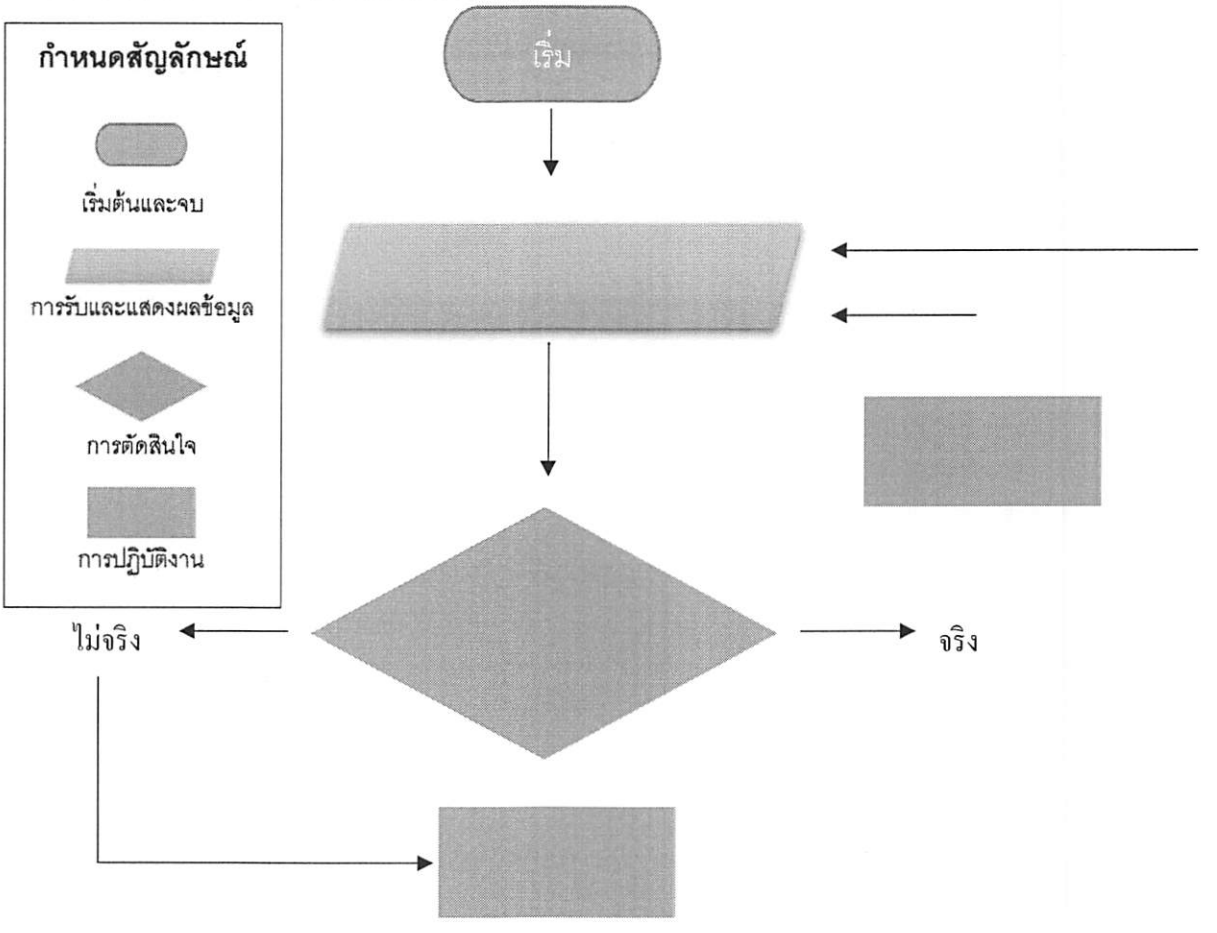
(แนวคำตอบ ชิ้นงานไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่จำลอง จะต่อหลอดไฟประดับด้วยวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 1 วงจร และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน 1 วงจร ออกแบบโปรแกรม MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit โดยใส่คำสั่งให้หลอดไฟทำงานสลับกันเพื่อให้ไฟกระพริบได้ และสามารถเปิดได้เองในเวลากลางคืน)

5. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) อย่างเป็นขั้นตอนด้วยการเขียนผังงาน เพื่อเขียนลำดับขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมในการควบคุมบอร์ด micro:bit ดังนี้

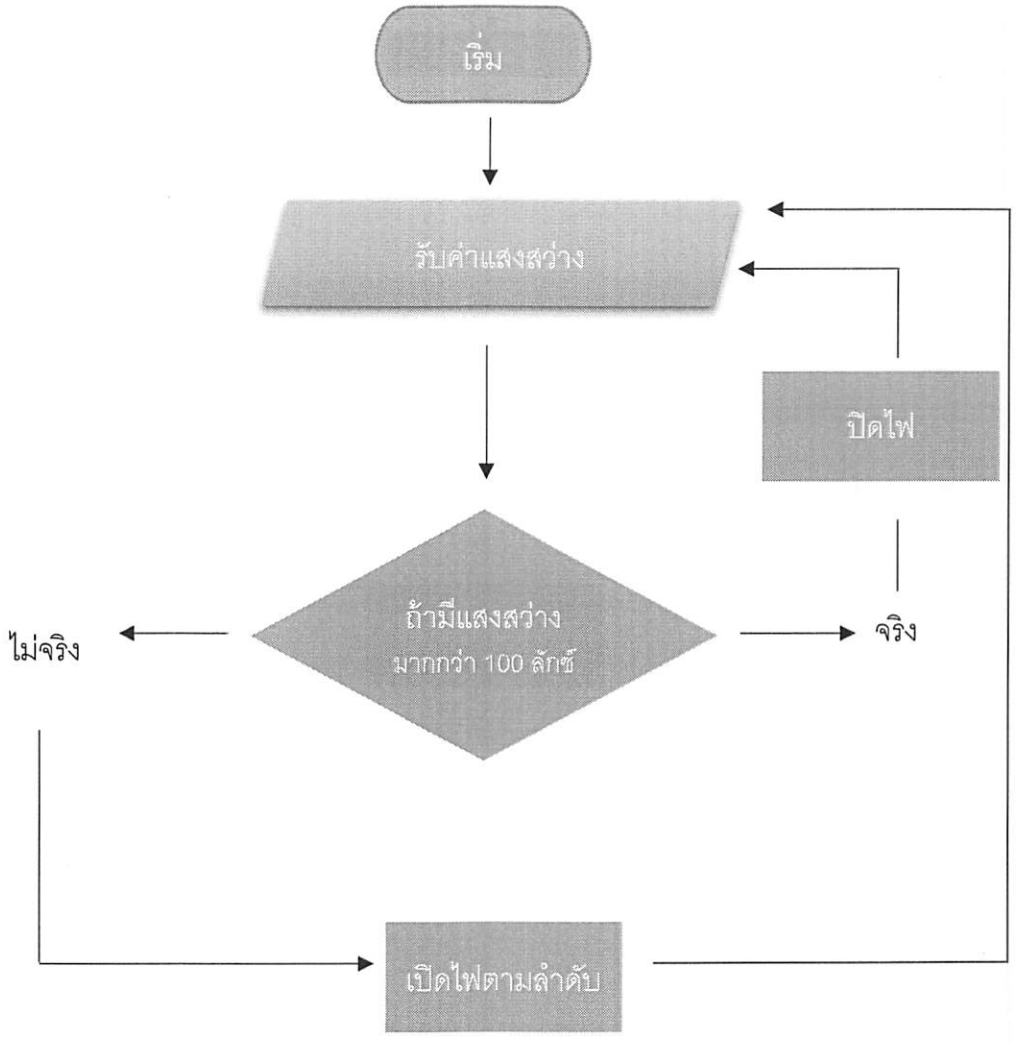
<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนใช้ประโยคต่อไปนี้เติมลงในผังงานและลากเส้นเชื่อมโยงสัญลักษณ์ของผังงานให้สมบูรณ์

มีแสงสว่างมากกว่า 100 ลักซ์	รับค่าแสงสว่าง	เปิดไฟตามลำดับ	——— ลากเส้น

ผังงานในการการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)



ตัวอย่าง ผังงานในการการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)



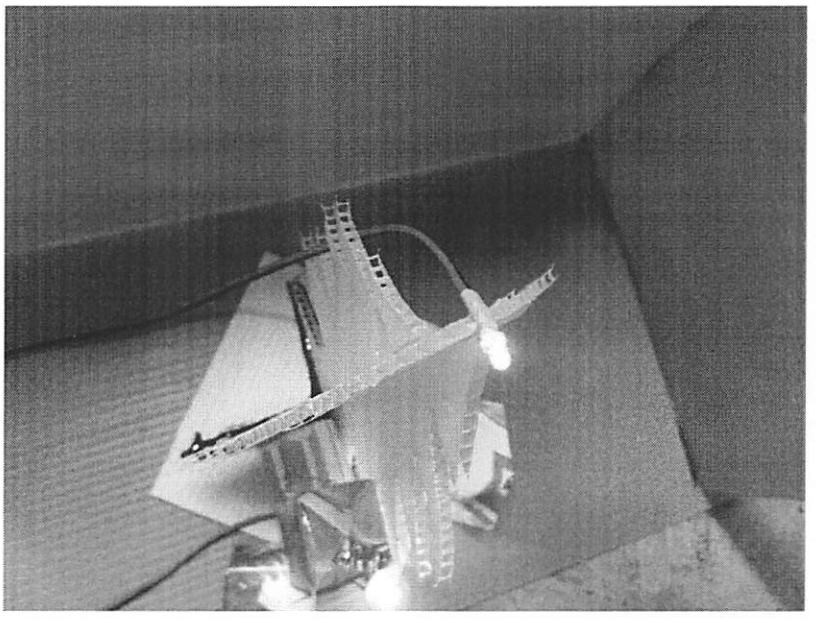
ตอนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในคอมพิวเตอร์ และเขียนเพื่ออธิบายคำตอบให้ถูกต้อง ครอบคลุมทุกประเด็น

6. นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าอนุกรมและขนานในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่เตรียมไว้ดังนี้

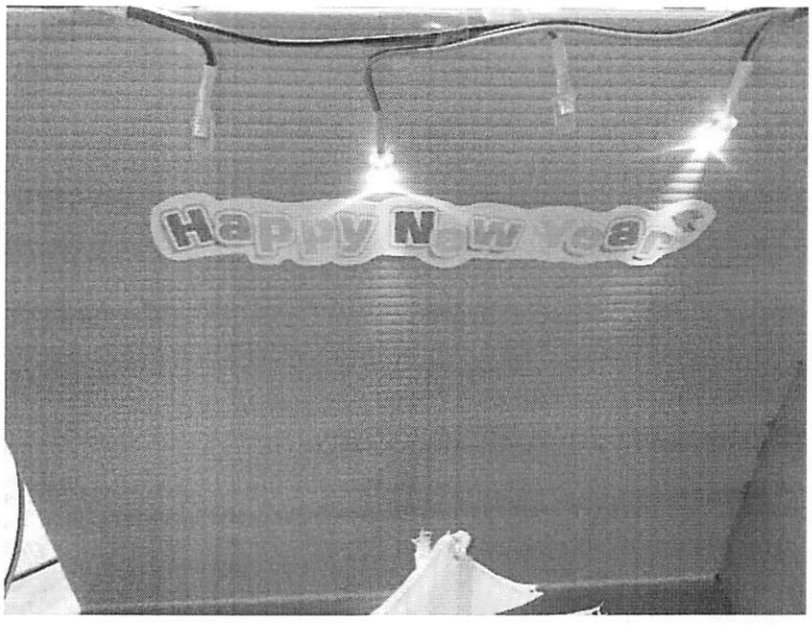
1) หลอดไฟ 7 หลอด 2) สายไฟ 4 เส้น 3) บอร์ด micro:bit 4)แบบจำลอง 1 ชุด

ตัวอย่าง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย



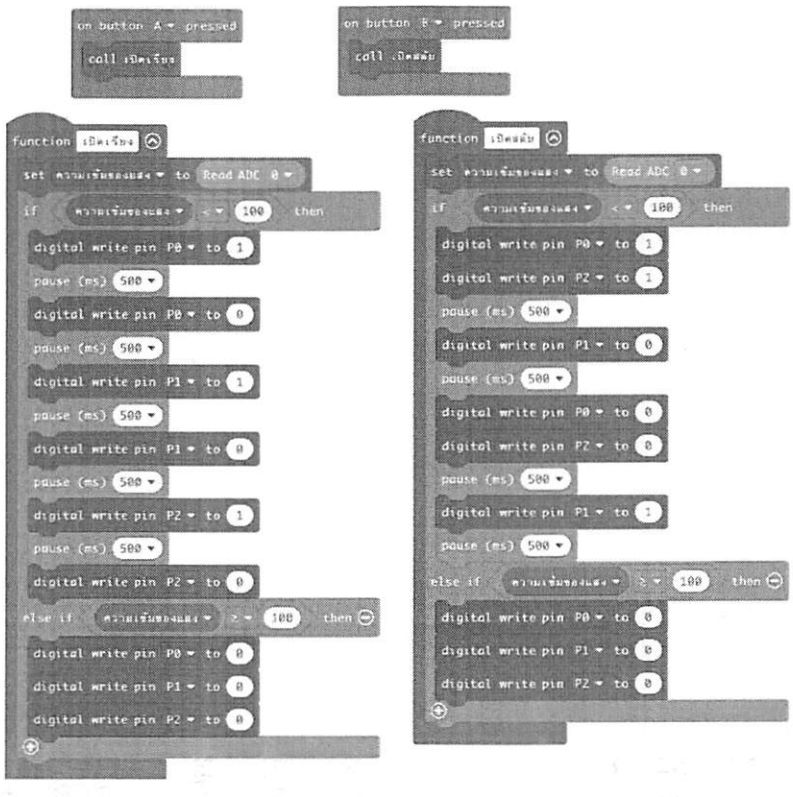
ตัวอย่าง การต่อวงจรแบบอนุกรม

ตัวอย่าง การต่อวงจรแบบขนาน



7. นักเรียนใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ให้สั่งการเปิด/ปิดหลอดไฟประดับงานเลี้ยงปีใหม่ได้อัตโนมัติลงในแบบจำลอง

ตัวอย่าง คำสั่งที่เลือกใช้ในโปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit



ภาคผนวก ซ ตัวอย่าง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 วงจรไฟฟ้า **เรื่อง** วงจรไฟฟ้าแบบขนาน
รหัสวิชา ว16101 **รายวิชา** วิทยาศาสตร์ 6 **ชั้นประถมศึกษาปีที่** 6
ภาคเรียนที่ 2 **ปีการศึกษา** 2563 **เวลา** 4 **ชั่วโมง**
ผู้สอน นายดำรงฤทธิ์ คุณสิน
ชื่อกิจกรรม

.....

สะท้อนผลโดย ☐ ครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ☐ ครูผู้สอน

คำชี้แจง

กรุณาเขียนบรรยายสภาพปัญหา ข้อดี และข้อที่ควรปรับปรุง จากการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

(นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ แยกประเด็นปัญหาในแต่ละสถานการณ์เพื่อใช้เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบาย และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน)

1) ข้อดี .....
.....
.....

2) สภาพปัญหาที่พบ .....
.....
.....

3) ข้อที่ควรปรับปรุง .....
.....
.....

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)
(นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน)

1) ข้อดี .....
.....
.....
2) สภาพปัญหาที่พบ .....
.....
.....
3) ข้อที่ควรปรับปรุง .....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)
(นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก)

1) ข้อดี .....
.....
.....
2) สภาพปัญหาที่พบ .....
.....
.....
3) ข้อที่ควรปรับปรุง .....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)
(นักเรียนออกแบบการเรียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งวงจรไฟฟ้าโดยการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน หลอดไฟประดับรั้วโรงเรียนอัตโนมัติ)

1) ข้อดี .....
.....
.....
.....
2) สภาพปัญหาที่พบ .....
.....
.....
.....
3) ข้อที่ควรปรับปรุง .....
.....
.....
.....

สรุปปัญหา/แนวทางแก้ไข

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ _____ ผู้บันทึก
(_____)
_____/_____/_____

ภาคผนวก ฌ ผลประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
		1	2	3				
1	มีการเขียนคำชี้แจงที่เข้าใจง่ายและชัดเจน	4	4	5	13	4.3	0.58	เหมาะสมมาก
2	มีการกำหนดหัวข้อในการบันทึกสอดคล้องกับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3	มีการบอกรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4	มีข้อคำถามที่ชัดเจน นำไปสู่การสะท้อนการจัดการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4	4	5	13	4.3	0.58	เหมาะสมมาก
5	มีการเรียงลำดับขั้นตอนการบันทึกของข้อคำถาม	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6	ครอบคลุม และสามารถสะท้อนแนวทางการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง CICP model ร่วมกับโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
7	สอดคล้องกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ	4	4	5	13	4.3	0.58	เหมาะสมมาก
8	มีหัวข้อในการสรุปปัญหา/แนวทางการแก้ไขที่ชัดเจน	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
9	สามารถได้ข้อสรุปที่นำไปสู่การพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป	4	5	5	14	4.6	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย					4.5		เหมาะสมมาก

ภาคผนวก ญ ผลการดำเนินการวิจัยในวงจรที่ 1-3

วงจรที่ 1

ขั้นวางแผน

ก่อนการเริ่มสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วย CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการเขียนโค้ดคำสั่ง แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาในชั้นเรียน คือ การนำปัญหาเรื่องวงจรไฟฟ้ามาสร้างเป็นภาพสถานการณ์จำลองให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ถึงปัญหาย่อยในวงจรไฟฟ้า รูปแบบของปัญหาและดำเนินการระบุประเด็นปัญหาหลัก เพื่อใช้ในการออกแบบผังงานอย่างเป็นขั้นตอน นำไปสู่การเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม Microsoft MakeCode ลงในบอร์ด micro:bit ให้ควบคุมชิ้นงานจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้มีการเตรียมความพร้อมของห้องเรียน และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้มีความพร้อมในการใช้งานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 18 คน และมีการทบทวนความรู้ของนักเรียนในการใช้งานโปรแกรม Microsoft MakeCode เบื้องต้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและประสบการณ์ในการใช้งานโปรแกรมในชั้นปีที่ผ่านมา โดยมีการเรียนรู้คำสั่งพื้นฐานร่วมกับคู่มือการใช้งานโปรแกรม Microsoft MakeCode ในการควบคุมบอร์ด micro:bit เบื้องต้น มีการจัดเตรียมใบความรู้เพื่อให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมระหว่างการเรียนรู้ ในช่วงเวลาพักหรือขณะอยู่ที่บ้านในช่วงสถานการณ์ระบาดโควิด-19 ในกรณีที่โรงเรียนมีการหยุดเพื่อป้องการการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ซึ่งจากบริบทพื้นที่ของโรงเรียนที่ทำการศึกษาค้นคว้าอยู่ในพื้นที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรงเรียนและไม่มีประกาศให้หยุดเรียนจึงสามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาเก็บข้อมูลในชั้นเรียนได้

การวางแผนในการเก็บข้อมูลในการวิจัยนั้น ผู้วิจัยวางแผนโดยให้มีผู้ร่วมสังเกตได้สังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และบันทึกจุดเด่น สภาพปัญหา และข้อที่ควรปรับปรุง ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับการบันทึกแบบสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยเอง นอกจากนี้ยังมีการวางแผนในการจัดทำแบบบันทึกกิจกรรมให้นักเรียนได้บันทึกการเรียนรู้ของตนเอง โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะต้องมีส่วนร่วมในการแสดงสถานการณ์ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย ให้คำแนะนำในการเขียนวงจรไฟฟ้า การตอบถามถาม การเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน การเขียนผังงาน และการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง มีการสังเกตและสอบถามนักเรียนภายในชั้นเรียนว่าเกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณหรือไม่ รวมทั้งเป็นผู้ควบคุมเวลา ในการนำเสนอของนักเรียนและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแผนให้ชัดเจนก่อนที่จะนำแผนไปใช้จริง โดยแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้กำหนดไว้ 4 ชั่วโมง

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยจัดการเรียนรู้ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 18 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 8.30 - 9.30 น. ของวันที่ 19 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 13.30 – 14.30 น. ของวันที่ 21 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง และ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 22 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในจำนวน 4 วันของสัปดาห์

ผู้วิจัยเริ่มต้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการสอบถามประสบการณ์เรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนที่พบในชีวิตประจำวันว่า "ตามที่นักเรียนเคยเห็น วงจรไฟฟ้าในบ้านเราประกอบด้วยอะไรบ้าง" (ผู้วิจัย, 18 มกราคม 2564)ได้รับคำตอบจากนักเรียนหลายคน ดังนี้

"มีหลอดไฟ สายไฟ สวิตช์ค่ะ" (นักเรียน n10, 18 มกราคม 2564)

"มีที่มันโยกๆ ได้ด้วยครับครู เขาเรียกว่าอะไรนะครับ" (นักเรียน n5, 18 มกราคม 2564)

ครูตอบคำถามนักเรียนว่าเราเรียกว่าเป็นสะพานไฟ หรือ บางคนเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า cut out โดยครูเขียนคำศัพท์บนกระดานดำให้นักเรียนได้เห็น

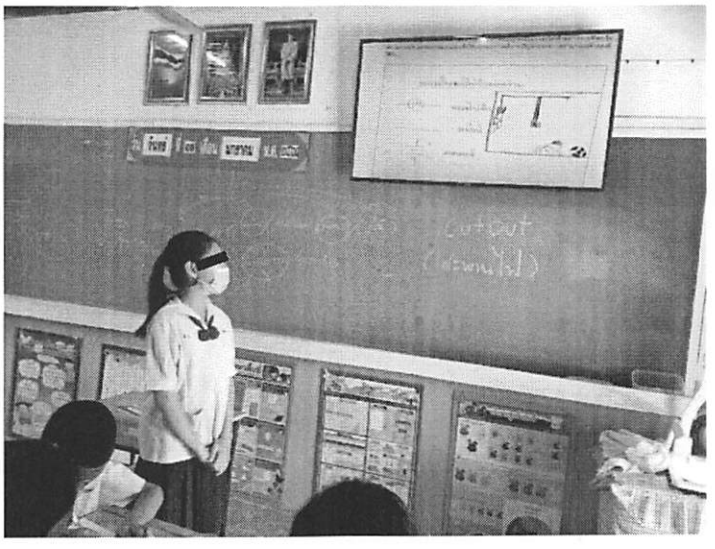
"มีถ่านด้วยไหมคะครู พวกแบต" (นักเรียน n11, 18 มกราคม 2564)

"ใช่ครับพวกแบตเตอรี่และถ่านก็เป็นหนึ่งอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ครับเราจัดอยู่ในกลุ่มแหล่งกำเนิดไฟฟ้าครับ" (ผู้วิจัย, 18 มกราคม 2564)

จากการสอบถามเบื้องต้นทำให้ทราบข้อมูลว่ามีนักเรียนบางส่วนรู้จักอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าและได้นำเสนอให้เพื่อนๆ ได้รู้จักในเบื้องต้น เพื่อเป็นการได้เห็นภาพวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายที่ชัดเจนขึ้นครูจึงแจกภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ให้นักเรียน โดยจะแจกนักเรียนทุกคนเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนและแบ่งนักเรียน 18 คน เป็นกลุ่ม 4 กลุ่มเพื่อทำการศึกษาโดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 กลุ่มที่ 2 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 กลุ่มที่ 3 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 และกลุ่มที่ 4 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 4

แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์จำลองและร่วมกันระบุปัญหาที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ติดในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของแต่ละสถานการณ์ลงในแบบบันทึกกิจกรรมของแต่ละคนในข้อ 1.1 และวาดภาพวงจรไฟฟ้าลงในข้อ 1.2 ในข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพได้ทุกคน แต่ในข้อ 1.2 มีนักเรียนไม่เข้าใจคำถามว่า "ให้เขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าด้วยไหมคะ" (นักเรียน n10, 18 มกราคม 2564) ครูจึงบอกให้เขียนไปด้วยถ้านักเรียนรู้ข้อมูล มีนักเรียนถามต่อว่า "ดูสัญลักษณ์จากที่ไหนคะ" (นักเรียน n12, 18 มกราคม 2564) เพื่อนนักเรียนตอบว่า "ดูจากใบความรู้มีบอกนะ" (นักเรียน n11, 18 มกราคม 2564) เพื่อนถามต่อ "ตรงไหนอะ" (นักเรียน n14, 18 มกราคม 2564) "หน้าท้ายๆ อะ" (นักเรียน n11, 18 มกราคม 2564) ทำให้ผู้วิจัยได้เห็นการแบ่งปันและแชร์ความรู้ของเพื่อนๆ นักเรียนในห้องเรียน

ช่วงท้ายของชั่วโมงครูให้ตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลงานของตนเองให้เพื่อนๆ ได้เห็นและทราบมุมมองของเพื่อนคนอื่นๆ ที่สังเกตภาพสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ ดังภาพที่ 3 ซึ่งในการสังเกตการนำเสนอของนักเรียนในครั้งนี้ ได้เห็นมุมมองที่แตกต่างที่ผู้วิจัยได้คิดไว้คือ ตัวอย่างเช่น ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 เป็นภาพหลอดไฟมีไส้หลอดขาด แต่มีนักเรียนหลายคนไม่ได้สังเกต แต่ระบุว่าภาพสถานการณ์นี้ ไฟไม่ติดจากเหตุ "ไฟฟ้าดับ และหนูกัดสายไฟขาด" (นักเรียน n1, 18 มกราคม 2564) "มีหนูกัดสายไฟในกล่องไฟ" (นักเรียน n2, 18 มกราคม 2564) แต่มีนักเรียนเพียง 1 คน เท่านั้นที่บอกว่าภาพนี้ "เกิดจากหลอดไฟขาด ครับ เพราะมีไส้หลอดขาด ครับ" (นักเรียน n3, 18 มกราคม 2564) และเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เพื่อนๆ ในห้องได้เห็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในสถานการณ์จำลองที่ 1 ไม่ทำงาน



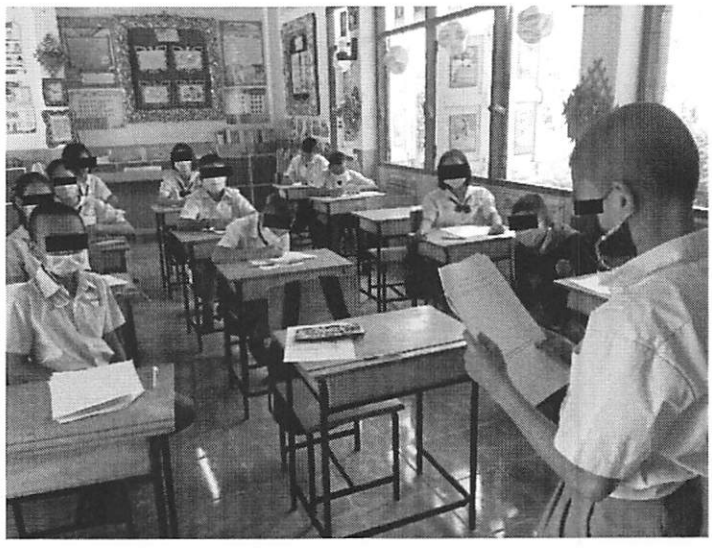
ภาพตัวอย่าง การนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไม่ทำงาน

ในชั่วโมงที่ 2 ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมคืนให้นักเรียนทุกคน และบอกนักเรียนว่าเมื่อครั้งที่แล้วเราได้สังเกตุภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์โดยนักเรียนทุกคนได้บอกสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงานจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ "ในครั้งนี้เราจะมาเขียนแนวโน้มและเชื่อมโยงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันกันครับ" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564)

"ครูคะ สถานการณ์ในชีวิตประจำวันคืออะไรคะ" (นักเรียน n11, 19 มกราคม 2564)

"คือสถานที่ที่เราเคยพบปัญหาที่เหมือนกันกับในภาพสถานการณ์จำลองนะครับ" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564)

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมข้อ 2.1 และ 2.2 แล้วตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ ดังภาพที่



ภาพตัวอย่าง การนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จากสถานการณ์จำลอง

ครูสรุปประเด็นความคล้ายกันของปัญหาจากภาพสถานการณ์จำลองและวิเคราะห์คำตอบและการนำเสนอในระหว่างตัวแทนนักเรียนนำเสนอเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและจับประเด็นสำคัญของเพื่อนนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้แจ้งนักเรียนว่า"ต่อไปนักเรียนจะได้แยกข้อมูลที่สำคัญซึ่งก็คือปัญหาหลักที่นักเรียนคิดว่าเป็นสาเหตุให้หลอดไฟในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงานนั่นเอง" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564) ในช่องตาราง ข้อมูลที่สำคัญ และให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่ไม่สำคัญในช่องตาราง ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องในแบบบันทึกกิจกรรมในข้อ 3.1 มีนักเรียนถามขึ้นว่า

"ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหายดังนี้ คือให้เขียนอุปกรณ์ที่เสียหรือคะ" (นักเรียน n10, 19 มกราคม 2564) ผู้วิจัยจึงทราบว่าควรตัดคำอธิบายดังกล่าวออกเนื่องจากทำให้นักเรียนสับสนในการตอบข้อมูลที่สำคัญ และอธิบายเพิ่มเติมว่า

"ในตารางนี้ ครูขอปรับ และขออภัยนักเรียนครูใส่ผิด ให้ตัดข้อความคำอธิบาย ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย กับ อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ออกนะครับ" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564)

"ครูคะ ตรงตัวเลข 1-4 ในตารางหนูต้องใส่ทุกข้อไหมคะ" (นักเรียน n10, 19 มกราคม 2564)

"ครับ ไม่ต้องครบทุกข้อครับเขียนเป็นประเด็นสำคัญเท่าที่เราคิดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้หลอดไฟไม่ติดแน่นอนแค่นั้นครับ ส่วนข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องก็ใส่ข้อมูลที่เราคิดว่าไม่เกี่ยวข้องปัญหาในภาพแต่ละภาพครับ" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564)

ขณะที่นักเรียนเขียนบันทึกกิจกรรม ครูเดินตรวจสอบและอธิบายจุดที่นักเรียนยังไม่ทำเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้ร่วมกิจกรรมครบทุกประเด็น และให้นักเรียนเขียนสรุปข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายทำงานได้

ในชั่วโมงที่ 3 ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนว่าในวันนี้นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานแบบจำลองโดยนำความรู้เรื่อง micro:bit ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาแล้วในเบื้องต้นมาออกแบบชิ้นงานให้ทำงานอัตโนมัติในกิจกรรม 4.1 มีนักเรียนถามขึ้นว่า

"คือทำจริงๆ เลยไหมครับครู" (นักเรียน n5, 21 มกราคม 2564)

"ครับให้ทำจริงๆ เลยครับ แต่เป็นแบบจำลองครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

"แล้วพวกผมจะทำยังไงอะครับครู เอาตู้เย็นเก่ามาทำได้ไหมครับ (นักเรียน n1, 21 มกราคม 2564)

"คือนักเรียนไม่ต้องเตรียมมานะครับ เดี๋ยวถ้าถึงเวลาแล้วครูจะเตรียมอุปกรณ์มาให้นะครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

"แต่ตอนนี้นักเรียนยังไม่ต้องกังวลนะครับ ครูแค่ให้ลองจินตนาการและเขียนออกแบบมาก่อนนะครับ อาจเขียนหรือวาดรูปประกอบด้วยก็ได้นะครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

"วาดรูปตรงไหนคะครู มันไม่มีที่ให้วาด" (นักเรียน n14, 21 มกราคม 2564)

"วาดในพื้นที่ตรงเส้นประได้เลยครับ หรือนักเรียนจะเขียนอธิบายมาอย่างเดียวก็ได้นะครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

โดยจากการพูดคุยและตกลงกันเบื้องต้นนักเรียนเสนอสร้างชิ้นงานมาหลายรูปแบบ แต่ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบให้นักเรียนสร้างชิ้นงานไฟโรงรถอัตโนมัติตามแผนและอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ล่วงหน้าแล้ว หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเขียนผังงานในกิจกรรม 4.2 โดยเริ่มจากการสอบถามนักเรียนว่านักเรียนเคยเรียนผังงานมาแล้วใช่ไหมครับ

"เคยคะ ครูลัดดาสอน" (นักเรียน n14, 21 มกราคม 2564)

"ไม่ใช่นะ ก็ครูนี้แหละสอน" (นักเรียน n11, 21 มกราคม 2564)

"ครับสรุปว่า อาจจะเคยเรียนมาบ้างแล้ว เดี๋ยววันนี้เรามาลองเขียนกันใหม่นะครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

ผู้วิจัยได้อธิบายสัญลักษณ์ของการเขียนผังงานให้นักเรียนฟังก่อนที่นักเรียนทำการเขียนผังงานในบันทึกกิจกรรมข้อ 4.2

เมื่อนักเรียนเขียนเสร็จผู้วิจัยเก็บข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบบันทึกกิจกรรมข้อ 4.2 และทดสอบอุปกรณ์และบอร์ด micro:bit ก่อนให้นักเรียนใช้งานจริง

ชั่วโมงที่ 4 นักเรียนได้ร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ และเขียนโค้ดโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ให้ทำงานอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นจาก ครู บอกวิธีการเชื่อมต่อสายสัญญาณกับบอร์ด micro:bit และการใช้งานจุดเชื่อมต่อสัญญานบริเวณบอร์ดขยาย IBIT+ ให้นักเรียนทราบว่า ในวันนี้นักเรียนจะเลือกใช้ช่องสัญญาน ที่ 0 และ 1 โดยสามารถเลือกใช้สัญญานที่เป็น analog และ digital โดยสัญญาณ analog จะเป็นรูปแบบสัญญาณที่มีตัวเลขมากกว่าเลข 1 อาจมีค่าได้ถึงหลักร้อยและ

หลักพัน แต่สัญญาณ digital จะมีเพียงค่าเลข 0 กับ 1 เท่านั้นเราจะใช้ในกรณีเราสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานในคำสั่งเลข 1 และหยุดทำงานในเลข 0

ขณะที่นักเรียนหลายกลุ่มกำลังนั่งเขียนโค้ดโดยใช้บล็อกคำสั่งมีนักเรียนถามว่า

"ครูครับต้องมีเสียงดังด้วยไหมครับ" (นักเรียน n3, 22 มกราคม 2564)

"ครับก็ทำได้นะครับแต่วันนี้ครูไม่ได้เตรียมลำโพงมาให้ นักเรียนต่อแบบไม่มีเสียงไปก่อนนะครับ" (ผู้วิจัย, 21 มกราคม 2564)

ตลอดการเขียนโปรแกรมผู้วิจัยได้เดินตรวจสอบบล็อกคำสั่งที่คอมพิวเตอร์ของนักเรียนทุกคน จนสามารถเขียนได้ครบทั้ง 14 เครื่อง แต่หลายเครื่องเมื่อนำคำสั่งมาใส่ลงบอร์ด micro:bit แล้วชิ้นงานยังไม่สามารถทำงานได้ตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยได้ให้นักเรียนที่ทำได้สำเร็จช่วยเหลือเพื่อนๆ ภายในกลุ่มที่ยังไม่สามารถสั่งงานบอร์ด micro:bit ได้

เมื่อครบเวลาเรียน ครูให้นักเรียนช่วยกันเก็บอุปกรณ์และปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และสรุปประเด็นการเขียนบล็อกคำสั่งที่นักเรียนทำไม่ได้เนื่องจากนักเรียนหลายคนใช้คำสั่งผิดจากบล็อก analog ใช้คำสั่ง digital มาเขียน มีการกำหนดจุดรับและส่งสัญญาณผิดช่อง สลับจากช่อง 1 เป็น 0 เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพปัญหาการเขียนโปรแกรมในเบื้องต้นในวงจรที่ 1

ขั้นสังเกตการณ์

ข้อมูลจากการสังเกตที่ได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน รายละเอียดแบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ แยกประเด็นปัญหาในแต่ละสถานการณ์เพื่อใช้เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบาย และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

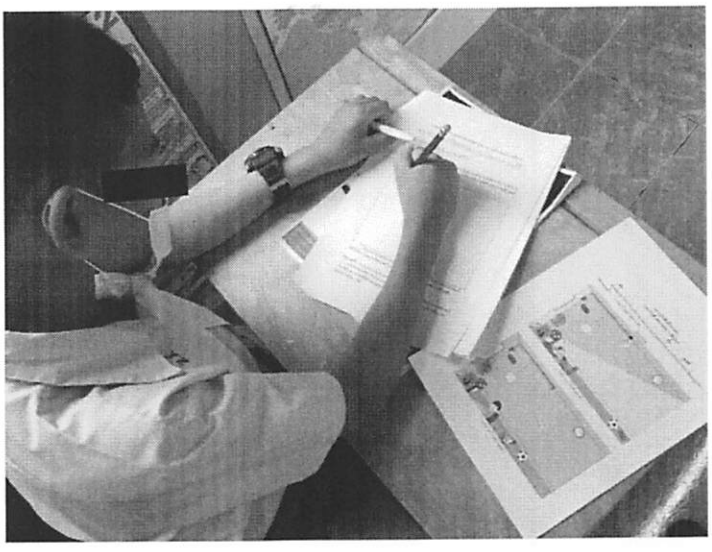
จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ นักเรียนได้ลงมือหาสาเหตุของปัญหาด้วยตนเองผ่านภาพสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ และมีกิจกรรมให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกันทำให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทุกคน ดังเช่นผลสะท้อน ดังนี้

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสถานการณ์ที่ได้รับได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีการแบ่งปันภาพสีให้เพื่อนๆ ได้รับชมอย่างทั่วถึง ดังภาพที่ 5 ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์แต่ละภาพได้ทุกคน ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง การใช้ความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ได้รับ

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ กิจกรรมการแยกปัญหามีข้อคำถามที่ไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนหลายคนไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ไฟฟ้าลงในวงจรไฟฟ้า สงผลให้เกิดข้อคำถามขึ้นระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัย ดังผลสะท้อน

"ในกิจกรรม เรื่องการแยกปัญหา ข้อ 1.2 มีนักเรียนไม่เข้าใจคำถามว่า ให้นักเรียนเขียนอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าและเขียนสัญลักษณ์ด้วยหรือไม่" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

"ในกิจกรรม ข้อที่ 1 เรื่องการแยกปัญหาข้อ 1.2 มีนักเรียนไม่เข้าใจคำถาม ควรมีการให้นักเรียนระบุชื่อ หรือเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าประกอบคำอธิบายด้วย ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่วาดวงจรไฟฟ้าที่เห็นตามภาพในสถานการณ์จำลองที่ตนเองได้รับ" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

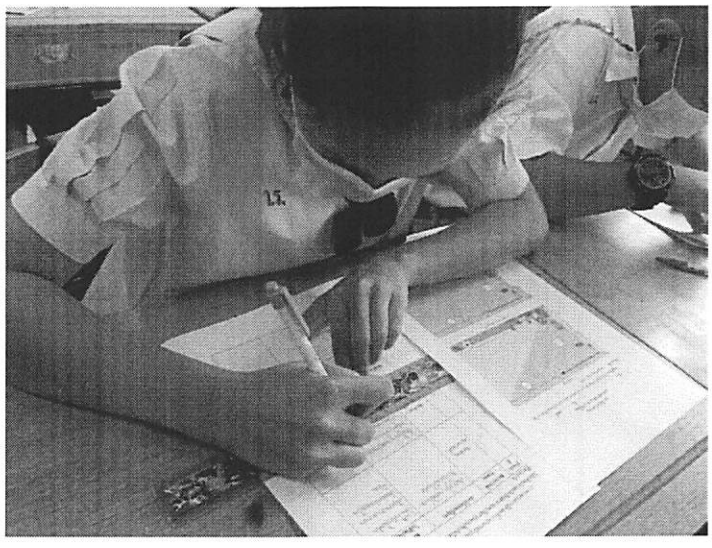
ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักพิจารณารูปแบบของปัญหา ดังภาพที่ 6 และรู้จักความคล้ายกันของปัญหาโดยเฉพาะในเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ดังผลสะท้อน

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาภายในสถานการณ์ที่กำหนดได้ทุกคน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง กิจกรรมพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหา

อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงปัญหาที่พบในสถานการณ์จำลองในแต่ละสถานการณ์ สู่ชีวิตประวันได้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสถานการณ์ของแต่ละรูปแบบของปัญหาในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในชีวิตประจำวันได้ และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) คือ มีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุแนวโน้มลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้ ควรมีมีการอธิบายคำ แนวโน้มของปัญหา ให้นักเรียนได้ฟังก่อนการทำกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนไม่เข้าใจความหมายของคำว่า แนวโน้มของปัญหา ทำให้ไม่สามารถเขียนระบุแนวโน้มของปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

"นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ โดยนักเรียนเขียนระบุปัญหาในแต่ละวงจรแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลอง" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หารูปแบบของปัญหาหลัก ผ่านการเขียนสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องลงในตาราง ทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพของปัญหาสำคัญได้ง่าย ดังผลสะท้อน

"กิจกรรมกลุ่ม การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก นักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ทุกคน และสามารถระบุข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์ได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

"นักเรียนสามารถแยกประเด็นปัญหาหลักออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ทุกคน โดยมีการระบุข้อมูลที่สำคัญที่จะทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ทุกคน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ ในกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก ข้อ 3.1 การแยกข้อมูลจากสถานการณ์ควรตัดคำอธิบายในตารางออกเพื่อให้นักเรียนไม่เกิดข้อสงสัย และมีพื้นที่ในการแสดงความคิดได้มากขึ้น ดังผลสะท้อน

"การตั้งคำถามปลายเปิดของครูจะช่วยให้นักเรียนได้คิดและแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ดีขึ้น" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

"ครูควรเพิ่มคำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงข้อคิดเห็นและเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่พบในชีวิตประจำวันได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

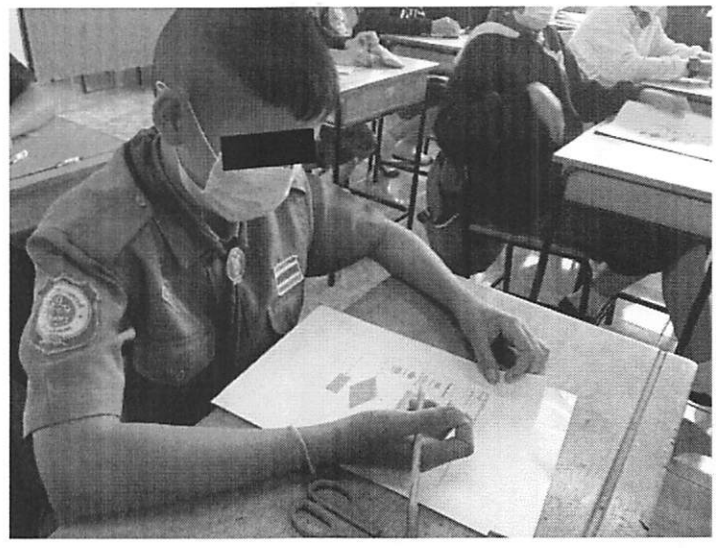
ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

นักเรียนได้ออกแบบการเรียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งวงจรไฟฟ้าโดยการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน หลอดไฟในโรงรถอัตโนมัติ

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกคนส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ ดังภาพที่ 7 และสามารถเขียนบล็อกคำสั่งได้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง กิจกรรมการเขียนผังงานเพื่อแสดงการวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีความตั้งใจเรียน เอาใจใส่ มีความเพียรพยายาม ตั้งใจและรับผิดชอบในการเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จ โดยมีการสอบถามครูและเพื่อนๆ เมื่อตนเองทำไม่ได้ ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟฟ้าในโรงรถทำงานได้อัตโนมัติได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

"นักเรียนมีการสอบถามทันทีที่นักเรียนเขียนผังงานและเขียนโค้ดโดยใช้บล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ได้หรือมีข้อสงสัยต่างๆ" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

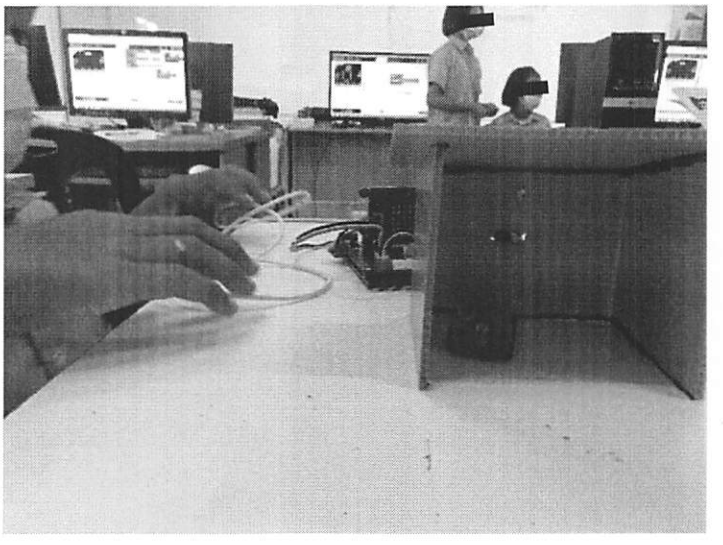
จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) คือ กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธี ข้อ 4.2 การเขียนผังงานภาพผังงานขาดเงื่อนไขการปิดไฟ ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการเขียนเส้นลำดับการทำงานของผังงาน ดังผลการสะท้อน

"ในการเขียนผังงาน นักเรียนไม่สามารถเขียนเส้นเพื่อให้ลำดับการทำงานในผังงานสมบูรณ์ได้ เมื่อครูสอบถามแล้วพบว่า มีข้อความและเส้นในโจทย์ ข้อ 4.2 กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธีไม่ครบตามแนวคำตอบจึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจและไม่สามารถโยงเส้นผังงานได้สำเร็จ" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)

กิจกรรมเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่ง มีนักเรียนบางคนเขียนโปรแกรมช้าและไม่สามารถใส่คำสั่งลงบอร์ด micro:bit ได้ ดังภาพที่ 9 ครูควรนัดหมายหรือเข้าไปสอนนักเรียนเรียนเพิ่มเติมเพื่อช่วยแก้ปัญหาในการเขียนโปรแกรมให้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนบางคนมีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งยังไม่มากพอจึงเขียนโปรแกรมไม่สำเร็จตามเวลาที่กำหนด"(ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

"ครูควรเข้าช่วยเหลือนักเรียนที่ไม่สามารถเขียนโปรแกรมได้ทันเวลา เนื่องจากมีประสบการณ์น้อยและยังไม่สามารถตรวจสอบคำสั่งที่ทำให้โปรแกรมทำงานผิดพลาดได้ตามเวลาที่กำหนด"(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมไฟโรงรถอัตโนมัติ

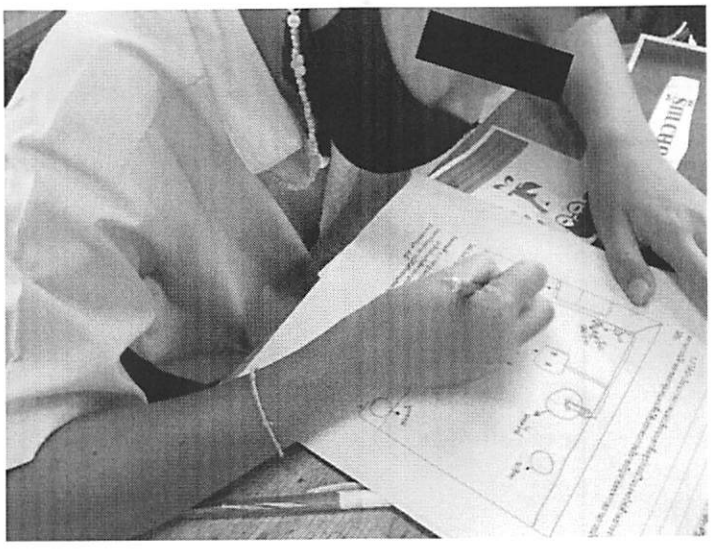
ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ

ข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์ ซึ่งได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งบันทึกการทำกิจกรรมของนักเรียน สามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในสถานการณ์ที่ได้รับ โดยสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพได้ทุกคน แต่มีนักเรียนหลายคนไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้า โดยนักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพวงจรไฟฟ้าที่เห็นตาม

ภาพสถานการณ์ที่ตนเองได้รับมาโดยระบุชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้ามา แต่ไม่ได้วาดสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าดังภาพตัวอย่าง



ภาพตัวอย่าง การเขียนภาพวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองของนักเรียนในวงจรที่ 1

ผู้วิจัยควรพัฒนาแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ให้นักเรียนได้วาดภาพวงจรไฟฟ้าพร้อมสัญลักษณ์และระบุชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าได้ทุกคน ดังผลสะท้อน

"ควรปรับปรุงคำถามให้ชัดเจนขึ้นเพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อวัดความรู้ (K) ในข้อที่ 2 ว่า ให้นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงการทำงานของวงจรไฟฟ้า โดยมีการระบุชื่อและสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าให้ครบถ้วนทั้งวงจรไฟฟ้า" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

"ควรปรับปรุงแบบบันทึกกิจกรรมข้อที่ 2 โดยระบุให้นักเรียนเขียนสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าที่นักเรียนสร้างขึ้น" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสถานการณ์ของแต่ละรูปแบบของปัญหาในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในชีวิตประจำวันได้ และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ทุกคน แต่มีนักเรียนส่วนมากไม่สามารถเขียนระบุแนวโน้มของปัญหาจากสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ได้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ โดยนักเรียนเขียนระบุปัญหาในแต่ละวงจรแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลอง" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ทำให้ทราบว่าครูควรมีการสร้างความเข้าใจในความหมายของ แนวโน้มของปัญหา ให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะลงมือทำกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"ครูควรสร้างความเข้าใจให้นักเรียนเข้าใจความหมายของ แนวโน้มของปัญหา ให้นักเรียนเข้าใจว่าเป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าไม่ใช่การบอกถึงปัญหาที่เราพบในสถานการณ์จำลองแต่ละสถานการณ์" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่สามารถทำให้นักเรียนได้หาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และนักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวของได้ทุกคน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบข้อผิดพลาดที่แบบบันทึกกิจกรรม ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง เรื่อง ตาราง ข้อมูลสำคัญ และข้อมูลไม่เกี่ยวข้อง มีคำอธิบายที่สร้างความสับสนของนักเรียนในการตอบคำถามลงในตาราง ดังผลสะท้อน

"ข้อความอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ ข้อมูลสำคัญ ว่า ภายในห้องมีอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเสียหาย ดังนี้ และหัวข้อ ข้อมูลไม่เกี่ยวข้อง ว่า อุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ สร้างความสับสนในการเขียนอธิบายคำตอบของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนต้องสอบถามเพิ่มเติมเพื่อสร้างความเข้าใจ" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยควรตัดข้อความดังกล่าวที่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในเขียนข้อมูลลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"ตัดข้อความดังกล่าวในสภาพปัญหาออกทั้ง 2 หัวข้อ เนื่องจากนักเรียน เข้าใจหัวข้อในตารางได้ถูกต้องตามประเด็นที่ต้องการคำตอบแล้ว" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ออกแบบการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนผังงาน โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยในการจัดกิจกรรมการเขียนผังงานในครั้งนี้ นักเรียนไม่สามารถเขียนเส้นเพื่อบอกลำดับการทำงานในผังงานให้สมบูรณ์ได้ ดังผลสะท้อน

"ในการเขียนผังงาน นักเรียนไม่สามารถเขียนเส้นเพื่อให้ลำดับการทำงานในผังงานสมบูรณ์ได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)

"มีข้อความและเส้นในโจทย์ ข้อ 4.2 กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธีไม่ครบตามแนวคำตอบจึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจและไม่สามารถโยงเส้นผังงานได้สำเร็จ"(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)

ผู้วิจัยควรปรับเพิ่มข้อความ "ปิดไฟ" ผังงาน ในโจทย์ข้อ 4.2 ดังผลสะท้อน

"ปรับเส้นและข้อความ ปิดไฟ ในผังงาน ในโจทย์ข้อ 4.2 กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธี" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 21 มกราคม 2564)

กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟฟ้าในโรงรถทำงานได้อัตโนมัติ โดยมีนักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนคำสั่งให้บอร์ด micro:bit สั่งแบบจำลองให้ทำงานอัตโนมัติได้ เนื่องจากนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนมีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่งยังไม่มากพอจึงเขียนโปรแกรมไม่สำเร็จตามเวลาที่กำหนด" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

ผู้วิจัยควรเข้าไปช่วยเหลือนักเรียนที่ไม่สามารถเขียนโปรแกรมได้สำเร็จในทันที เพื่อร่วมกันหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพการแก้ปัญหาอย่างทันทีและทันเวลาที่กำหนด ดังผลสะท้อน

"ในขณะเขียนโปรแกรมครูจะต้องตรวจสอบบล็อกคำสั่งที่นักเรียนทำไม่ได้และสร้างความเข้าใจจุดผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมเพื่อทำความเข้าใจให้ตรงกันและถูกต้องตามแผนการจัดการเรียนรู้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 22 มกราคม 2564)

วงจรที่ 2

ขั้นวางแผน

ก่อนการเริ่มสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยได้นำข้อควรปรับปรุงในวงจรที่ 1 มาปรับแบบบันทึกกิจกรรมให้มีความสมบูรณ์ให้มากที่สุด ดำเนินการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้และทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ตามเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบผลการจัดการเรียนรู้ในเบื้องต้นพบว่าทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยแยกเป็นทักษะ การแยกปัญหาอยู่ในระดับ 2 (ถ่ายโอนแบบประยุกต์) การหารูปแบบอยู่ในระดับ 3 (ถ่ายโอนแบบสู่บริบท) การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับ 3 (ถ่ายโอนแบบสู่บริบท) การออกแบบขั้นตอนอยู่ในระดับ 2 (ถ่ายโอนแบบประยุกต์) ซึ่งผลเป็นที่พอใจ

ผู้วิจัยจึงดำเนินการวางแผนในการเก็บข้อมูลในวงจรที่ 2 โดยผู้วิจัยวางแผนให้มีผู้ร่วมสังเกตได้สังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และบันทึกจุดเด่น สภาพปัญหา และข้อที่ควรปรับปรุงลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับการบันทึกแบบสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยเอง นอกจากนี้ยังมีการวางแผนในการจัดทำแบบบันทึกกิจกรรมให้นักเรียนได้บันทึกการเรียนรู้ของตนเอง โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะต้องมีส่วนร่วมในการแสดงสถานการณ์ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย ให้คำแนะนำในการเขียนวงจรไฟฟ้า การตอบถามถาม การเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน การเขียนผังงาน และการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง มีการสังเกตและสอบถามนักเรียนภายในชั้นเรียนว่าเกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณหรือไม่ รวมทั้งเป็นผู้ควบคุมเวลา ในการนำเสนอของนักเรียนและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแผนให้ชัดเจนก่อนที่จะนำแผนไปใช้จริง โดยแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้กำหนดไว้ 4 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยจัดการเรียนรู้ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 25 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 8.30 - 9.30 น. ของวันที่ 26 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 13.30 – 14.30 น. ของวันที่ 28 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง และ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในจำนวน 4 วันของสัปดาห์

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการสอบถามนักเรียนและเชื่อมโยงการจัดการเรียนรู้เมื่อครั้งก่อนคือเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย กับเรื่องที่จะได้รับการเรียนรู้ในวันนี้คือ เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

โดยเริ่มต้นจัดการเรียนรู้ด้วยการสอบถามประสบการณ์เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันว่า "นักเรียนรู้จักวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมไหมครับ" (ผู้วิจัย, 25 มกราคม 2564)ได้รับคำตอบจากนักเรียนหลายคน ดังนี้

"เป็นวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อสายไฟเป็นเส้นเดียวครับ" (นักเรียน n3, 25 มกราคม 2564)

"ถ้าหลอดไฟหลอดหนึ่งเสียอีกหลอดจะไม่ติดค่ะ" (นักเรียน n10, 25 มกราคม 2564)

"ครับวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยส่วนใหญ่แล้วจะไม่นิยมต่อหลอดไฟด้วยเหตุผลที่เพื่อนๆ บอกไปแล้วเบื้องต้นนะครับ คือ ถ้าหลอดไฟเกิดเสียหนึ่งหลอดหลอดไฟอีกหลอดจะไม่ติดด้วยนะครับ" (ผู้วิจัย, 25 มกราคม 2564)

จากการสอบถามเบื้องต้นทำให้ทราบข้อมูลว่ามีนักเรียนบางคนสามารถบอกลักษณะสำคัญของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ในเบื้องต้น เพื่อให้เห็นภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่ชัดเจนและนักเรียนมีความเข้าใจในการต่อหลอดไฟด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมครูจึงแจกภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ให้นักเรียน โดยจัดเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม เพื่อทำการศึกษาโดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 กลุ่มที่ 2 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 กลุ่มที่ 3 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 และกลุ่มที่ 4 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 4 และมีการสลับตำแหน่งกลุ่มให้ไม่ซ้ำกับกิจกรรมที่ 1. การแยกปัญหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์จำลองและร่วมกันระบุปัญหาที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ติดในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมของแต่ละสถานการณ์ลงในแบบบันทึกกิจกรรมของแต่ละคนในข้อ 1.1 และวาดภาพวงจรไฟฟ้าลงในข้อ 1.2 ในข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในสถานการณ์ที่ได้รับ ในระหว่างการทำกิจกรรมการแยกปัญหามีนักเรียนพูดขึ้นว่า "ในภาพที่ 1 หลอดไฟหลอดแรกมีรอยดำและไส้หลอดขาด แต่หลอดที่ 2 ติดอยู่" (นักเรียน n10, 25 มกราคม 2564) เมื่อครูได้ยินเช่นนั้น จึงพูดตอบทันทีว่า "ต้องขอแจ้งนักเรียนก่อนนะครับว่าหลอดไฟทุกดวงในสถานการณ์ทั้ง 4 ภาพนี้ ไม่ติดทุกหลอดนะครับ" (ผู้วิจัย, 25 มกราคม 2564) โดยการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพได้ทุกคนในเวลาอันสั้นและทำให้ช่วงท้ายของกิจกรรมการแยกปัญหา มีเวลามากพอสำหรับให้นักเรียนได้นำเสนอและอภิปรายปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ครบทุกคนโดยนักเรียนนำเสนอผลงานของตนเองให้เพื่อนๆ ได้เห็นและทราบมุมมองของเพื่อนคนอื่นๆ ที่สังเกตภาพสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ ดังภาพที่ 11 ซึ่งในการสังเกตการนำเสนอของนักเรียนในครั้งนี้ ได้เห็นมุมมองที่แตกต่างที่ผู้วิจัยได้คิดไว้คือ

ตัวอย่างเช่น "ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 เป็นภาพหลอดไฟมีไส้หลอดขาด เนื่องจากหลอดไฟใช้งานมานานมากแล้ว และสวิตช์อาจไม่ได้เปิดไว้ทำให้หลอดไฟอีกหลอดไม่ติดได้" (นักเรียน n15, 25 มกราคม 2564) เมื่อได้ยินเช่นนั้นมีเพื่อนนักเรียนพูดว่า "เพราะเป็นการต่อไปแบบอนุกรมทำให้อีกหลอดไม่ติดด้วยครับ" (นักเรียน n3, 25 มกราคม 2564) "ใช่คะสะพานไฟถูกยกขึ้นนะ แต่สวิตช์ไม่แน่ใจอาจมีไฟแล้วก็ได้คะ" (นักเรียน n11, 25 มกราคม 2564 เป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เพื่อนๆ นักเรียนได้ทราบว่าวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเมื่อหลอดไฟ 1 หลอดเสียหายไฟอีกหลอดจะไม่ติด แต่ถ้าไม่มีการจ่ายไฟฟ้าไฟจะไม่เข้าสู่วงจรไฟฟ้าทำให้หลอดไฟทั้ง 2 หลอดไม่ติดได้เช่นกัน หลังจากนำเสนอครบทุกคน ผู้วิจัยได้สรุปสาระสำคัญของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมให้นักเรียนได้ทราบอีกครั้งก่อนนัดหมายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปในชั่วโมงที่ 2 ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

ภาพตัวอย่าง การนำเสนอสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในสถานการณ์จำลองไม่ทำงาน

ในชั่วโมงที่ 2 ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมคืนให้นักเรียนทุกคน และบอกนักเรียนว่าเมื่อครั้งที่แล้วเราได้สังเกตุภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์โดยนักเรียนทุกคนได้บอกสาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงานจากสถานการณ์ที่ได้รับได้ "ในครั้งนี้เราจะมาเขียนแนวโน้มและเชื่อมโยงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันกันในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมนะครับ" (ผู้วิจัย, 26 มกราคม 2564)

"ครูครับ แนวโน้มของปัญหาเป็นอย่างไรนะครับ" (นักเรียน n6, 26 มกราคม 2564)

"ก็เป็นการคาดการณ์ล่วงน่าไงเพชร" (นักเรียน n3, 26 มกราคม 2564)

"ครับอย่างที่เพื่อนบอก คือเราคิดไว้ก่อนที่จะเจอปัญหา เช่น ถ้าเราเห็นไส้หลอดไฟขาดแล้วจะเกิดอะไรขึ้นบ้างในวงจรไฟฟ้านะครับ ในวงจรตามภาพคือวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมใช่ไหมครับ" (ผู้วิจัย, 26 มกราคม 2564)

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมข้อ 2.1 และ 2.2 แล้วตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ ดังภาพตัวอย่าง

ภาพตัวอย่าง การนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

ครูสรุปประเด็นความคล้ายกันของปัญหาจากภาพสถานการณ์จำลองและวิเคราะห์คำตอบและการนำเสนอในระหว่างตัวแทนนักเรียนนำเสนอเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและจับประเด็นสำคัญของเพื่อนนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้แจ้งนักเรียนว่า"ต่อไปนักเรียนจะได้แยกข้อมูลที่สำคัญซึ่งก็คือปัญหาหลักที่นักเรียนคิดว่าเป็นสาเหตุให้หลอดไฟในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองไม่ทำงานคล้ายกับครั้งก่อนนะครับ แต่ครั้งนี้ต้องสังเกตให้ดีนะครับเพราะเป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบแบบอนุกรมซึ่งแตกต่างกับครั้งก่อนนะครับ" (ผู้วิจัย, 26 มกราคม 2564) โดยเขียนข้อมูลลงในช่องตาราง ข้อมูลที่สำคัญ และให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่ไม่สำคัญในช่องตาราง ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องในแบบบันทึกกิจกรรมในข้อ 3.1 มีนักเรียนถามขึ้นว่า

"ครูคะบอกข้อมูลที่สำคัญคืออย่างไรนะคะ" (นักเรียน n14, 26 มกราคม 2564)

"ข้อมูลที่สำคัญคือปัญหาหลักที่เราคิดและมั่นใจว่าเป็นสาเหตุหลอดไฟฟ้าในภาพสถานการณ์ไม่ติดแน่นอนนะครับ" (ผู้วิจัย, 19 มกราคม 2564)

"คืออย่างหนูเขียนว่า ภาพห้องเรียนสถานการณ์ที่ 1 เห็นไส้หลอดไฟดวงแรกขาดใช้งานไม่ได้ หลอดไฟดวงที่ 2 จึงไม่ติดเพราะเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบนี้ใช่ไหมคะ" (นักเรียน n10, 26 มกราคม 2564)

"ครับ ใช่ครับ ดีมากเลย มีการระบุไว้ชัดเจนด้วยว่าที่หลอดไฟไม่ติดทั้งสองหลอดเพราะเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ซึ่งจุดนี้เป็นปัญหาที่สำคัญในการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม ซึ่งเป็นผลให้ในการต่อหลอดไฟฟ้าเราไม่นิยมต่อแบบอนุกรมครับ" (ผู้วิจัย, 26 มกราคม 2564)

"เพราะเราจะไม่รู้ว่าหลอดไหนเสียใช่ไหมคะ" (นักเรียน n11, 26 มกราคม 2564)

"ครับผม เก่งมากครับ" (ผู้วิจัย, 26 มกราคม 2564)

ขณะที่นักเรียนเขียนบันทึกกิจกรรม ครูเดินตรวจสอบและอธิบายจุดที่นักเรียนยังไม่ทำเพื่อกระตุ่นผู้เรียนให้ร่วมกิจกรรมครบทุกประเด็น และให้นักเรียนเขียนสรุปข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมทำงานได้ และแจ้งเพิ่มเติมให้นักเรียนมีการเขียนเชื่อมโยงเรื่องการต่อไฟแบบอนุกรมในชีวิตประจำวัน

ในชั่วโมงที่ 3 ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนว่าในวันนี้นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานแบบจำลองโดยนำความรู้เรื่อง micro:bit ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาแล้วในเบื้องต้นมาออกแบบชิ้นงานให้ทำงานอัตโนมัติในกิจกรรม 4.1 มีนักเรียนถามขึ้นว่า

"เราสามารถออกแบบให้ส่งเสียงได้ไหมครับ" (นักเรียน n5, 28 มกราคม 2564)

"ครับได้ครับในครั้งนี้ครูจะเตรียมลำโพงมาให้ต่อด้วยครับ" (ผู้วิจัย, 28 มกราคม 2564)

"ครูคะหนูชอบเขียนโปรแกรม เราเขียนโปรแกรมเลยได้ไหมคะ (นักเรียน n10, 28 มกราคม 2564)

"ใจเย็นๆ นะครับ ก่อนเขียนโปรแกรมเราต้องมาออกแบบกันก่อน จะได้รู้แนวทาง และครูจะได้เตรียมอุปกรณ์มาได้ตรงกับที่นักเรียนออกแบบให้มากที่สุดไงครับ" (ผู้วิจัย, 28 มกราคม 2564)

"ครูคะ แบบนี้ได้ไหมคะ" (นักเรียน n11, 28 มกราคม 2564)

"ครูครับ ของผมดีไหมครับ" (นักเรียน n3, 28 มกราคม 2564)

ตลอดการออกแบบชิ้นงานนักเรียนได้แลกเปลี่ยนและอ่านข้อความที่ตนเองได้ออกแบบชิ้นงานไว้ให้ครูและเพื่อนๆ ได้ชมจนเขียนครบทุกคน

โดยจากการพูดคุยและตกลงกันเบื้องต้นนักเรียนเสนอสร้างชิ้นงานมาหลายรูปแบบ แต่ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบให้นักเรียนสร้างชิ้นงานไฟติดผนังอัตโนมัติตามแผนและอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ล่วงหน้าแล้วและจะมีการเพิ่มเติมลำโพงให้นักเรียนได้ต่อกับชิ้นงาน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเขียนผังงานในกิจกรรม 4.2 โดยเริ่มจาก ครูอธิบายสัญลักษณ์ของผังงานก่อนเพื่อสร้างความเข้าใจก่อนการเขียนผังงานในการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)

เมื่อนักเรียนเขียนเสร็จผู้วิจัยเก็บข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบบันทึกกิจกรรมข้อ 4.2 และทดสอบอุปกรณ์และบอร์ด micro:bit ก่อนให้นักเรียนใช้งานจริง

ชั่วโมงที่ 4 นักเรียนได้ร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ และเขียนโค้ดโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ให้ทำงานอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นจาก ครู บอกให้นักเรียนทราบว่า ในวันนี้นักเรียนจะเลือกใช้ช่องสัญญาน ที่ 0 และ 1 โดยใช้สัญญานที่เป็น analog ในการต่อเซนเซอร์วัดระยะทางในช่องสัญญาณ 1 และช่องสัญญา 0 จะใช้ต่อกับลำโพงโดยบอร์ด iBIT+ จะใช่ต่อลำโพงที่ช่องสัญญาณ 0 เท่านั้น และในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้จะใช้บล็อกคำสั่ง motor โดยเริ่มจากการต่อส่วนขายในชื่อ iBIT+ เพื่อเรียกใช้คำสั่ง motor มาใช้ในการสั่งหลอดไฟให้สามารถปรับความเข้มของแสงสว่างได้ เมื่อนักเรียนเข้าใจและหมดข้อคำถามแล้ว ให้นักเรียนร่วมกันต่อแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติของแต่ละกลุ่ม

ขณะที่นักเรียนหลายกลุ่มกำลังนั่งเขียนโค้ดโดยใช้บล็อกคำสั่งมีนักเรียนพูดขึ้นว่า

"ครูครับของผมเขียนโค้ดเสร็จแล้วครับ แบบนี้ใช่ไหมครับ" (นักเรียน n1, 29 มกราคม 2564) หลังจากนั้นครูเดินไปตรวจดูคำสั่งและพูดว่า

"ถูกต้องแล้วครับ เดินไปรับบอร์ด micro:bit มาโหลดไฟล์และทดสอบกับชิ้นงานได้เลยครับ" (ผู้วิจัย, 29 มกราคม 2564)

"ครูครับของผมติดแล้วครับ" (นักเรียน n1, 29 มกราคม 2564)

"เยี่ยมมากครับ เสร็จแล้วสอนเพื่อนๆ ในกลุ่มด้วยนะครับ" (ผู้วิจัย, 29 มกราคม 2564)

ตลอดการเขียนโปรแกรมผู้วิจัยได้เดินตรวจสอบบล็อกคำสั่งที่คอมพิวเตอร์ของนักเรียนทุกคน จนสามารถเขียนได้ครบทั้ง 14 เครื่อง และสามารถเขียนคำสั่งลงบอร์ด micro:bit ให้สั่งแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติทำงานได้ทุกเครื่อง

เมื่อครบเวลาเรียน ครูให้นักเรียนช่วยกันเก็บอุปกรณ์และปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และสรุปประเด็นการเขียนบล็อกคำสั่งที่นักเรียนทำไม่ได้เนื่องจากใช้คำสั่งหน่วงเวลาผิดตำแหน่ง และ download ไฟล์ลงบอร์ดไม่ถูกต้องแต่มีการสอบถามเพื่อนๆ จนสามารถสั่งงานแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติได้ทุกคน

ขั้นสังเกตการณ์

ข้อมูลจากการสังเกตที่ได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน รายละเอียดแบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ แยกประเด็นปัญหาในแต่ละสถานการณ์เพื่อใช้เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบาย และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

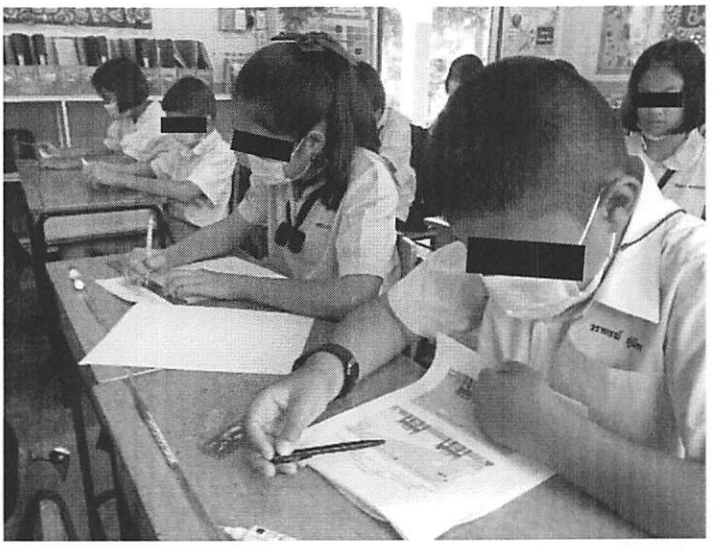
จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ นักเรียนได้ลงมือหาสาเหตุของปัญหาด้วยตนเองผ่านภาพสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ และมีกิจกรรมให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกันทำให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทุกคน ดังเช่นผลสะท้อน ดังนี้

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสถานการณ์ที่ได้รับได้ทุกคน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีการช่วยเหลือเพื่อนๆ อย่างทั่วถึง ดังภาพที่ 13 ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์แต่ละภาพได้ทุกคน ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนใช้เวลาในการวิเคราะห์สถานการณ์น้อยลง และสามารถอภิปรายปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ครบทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง การใช้ความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ได้รับ

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ ภาพหลอดไฟฟ้าในสถานการณ์ตัวอย่างของกิจกรรมการแยกปัญหามีนักเรียนบางคนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าหลอดไฟที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ติดอยู่ ซึ่งโดยความตั้งใจของผู้วิจัยต้องการให้หลอดไฟหลอดดังกล่าวไม่ติด ดังผลสะท้อน

"ในกิจกรรม เรื่องการแยกปัญหา ภาพสถานการณ์ที่ 1 นักเรียนเข้าใจว่ามีหลอดไฟหนึ่งหลอดเสียและอีกหนึ่งหลอดติดอยู่" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

"ควรมีสัญลักษณ์ หรือบรรยายเพื่ออธิบายว่าหลอดไฟทุกหลอดในทุกสถานการณ์ในภาพไม่ติดและควรอธิบายเกณฑ์การประเมินทักษะให้นักเรียนได้ทราบกรอบแนวทางการประเมินระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ก่อนล่วงหน้า" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักพิจารณารูปแบบของปัญหา ดังภาพที่ 14 และรู้จักความคล้ายกันของปัญหาโดยเฉพาะในเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหา รูปแบบของปัญหา และบอกความคล้ายกันของปัญหาจากสถานการณ์จำลองเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ภาพตัวอย่าง กิจกรรมพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหา

อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงปัญหาที่พบในสถานการณ์จำลองในแต่ละสถานการณ์ สู่ชีวิตประวันได้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนทุกคนสามารถระบุสถานการณ์ บอกรูปแบบของปัญหา และความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) คือ มีนักเรียนบางคนไม่สามารถระบุแนวโน้มลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้ ควรมีมีการอธิบายคำ แนวโน้มของปัญหา ให้นักเรียนได้ฟังก่อนการทำกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจความหมายของคำว่า แนวโน้มของปัญหา ทำให้ไม่สามารถเขียนระบุแนวโน้มของปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

"นักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ โดยนักเรียนยังคงระบุปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หารูปแบบของปัญหาหลัก ผ่านการเขียนสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องลงในตาราง ทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพของปัญหาสำคัญได้ง่าย ดังผลสะท้อน

"นักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง และระบุข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์จำลองได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

"นักเรียนสามารถแยกประเด็นปัญหาหลักออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ทุกคน โดยมีการระบุข้อมูลที่สำคัญที่จะทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ทุกคน และนักเรียนหลายคนสามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ ในกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก นักเรียนบางคนไม่ได้เขียนเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้ากับประสบการณ์ตรงในชีวิตประจำวัน ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนไม่ได้เขียนการเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

"มีนักเรียนบางคนไม่ได้เขียนเพื่ออธิบายการเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันในบันทึกกิจกรรม" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

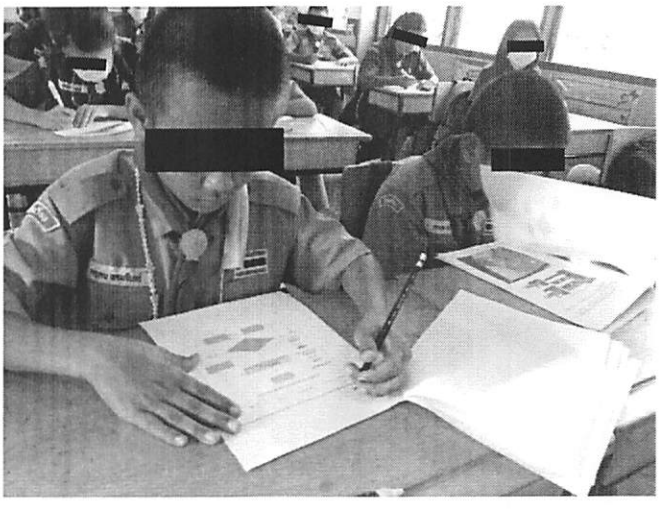
ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

นักเรียนได้ออกแบบการเรียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งวงจรไฟฟ้าโดยการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน หลอดไฟติดผนังอัตโนมัติ

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกคนส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ ดังภาพที่ 15 และสามารถเขียนบล็อกคำสั่งได้ทุกคน ดังผลสะท้อน

"นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อความและลากเส้นเชื่อมโยงผังงานได้ถูกต้อง" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

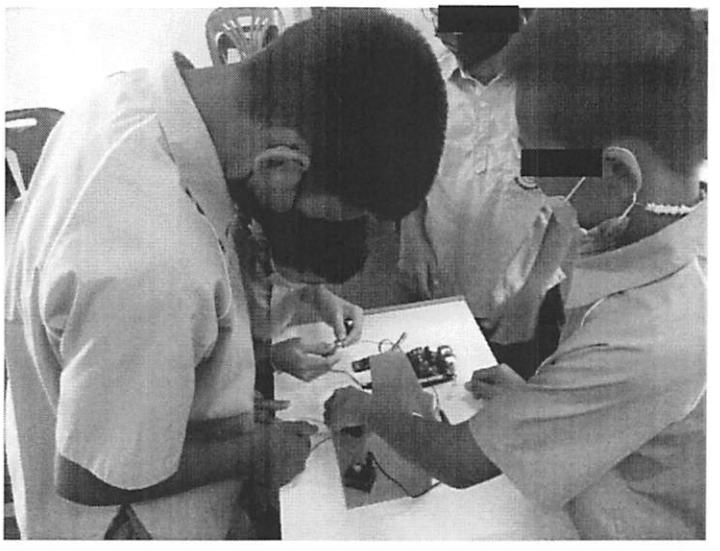


ภาพตัวอย่าง กิจกรรมการเขียนผังงานเพื่อแสดงการวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีความตั้งใจเรียน เอาใจใส่ มีความเพียรพยายาม ตั้งใจและรับผิดชอบในการเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จ ดังภาพที่ 16 โดยมีการสอบถามครูและเพื่อนๆ เมื่อตนเองทำไม่ได้ ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟติดผนังทำงานอัตโนมัติได้ทุกคน มีนักเรียนหลายคนสามารถเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างในชีวิตประจำวันได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 29 มกราคม 2564)

"นักเรียนมีการสอบถามเพื่อนและครูทันทีที่นักเรียนเขียนผังงานและเขียนโค้ดโดยใช้บล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 29 มกราคม 2564)



ภาพตัวอย่าง กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมไฟติดผนังอัตโนมัติ

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 4 Planning the step-by-step instruction (P): **วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน** คือ กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธี ข้อ 4.2 การเขียนผังงานนักเรียนบางคงเขียนลูกศรกลับทิศ กิจกรรมถูกเร่งให้จบด้วยนักเรียนต้องรีบไปทำกิจกรรมลูกเสือทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถสรุปความรู้เรื่องการเขียนผังงานให้นักเรียนเกิดความเข้าใจทุกคนได้

"การเขียนผังงานมีนักเรียนบางคนเขียนหัวลูกศรกลับทิศ และในชั่วโมงเรียนครั้งนี้พบปัญหานักเรียนติดกิจกรรมอื่นที่ต้องขอเวลาไปทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนรีบทำและเกิดความผิดพลาดในการเขียนผังงานในครั้งนี้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ

ข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์ ซึ่งได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งบันทึกการทำกิจกรรมของนักเรียน สามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในสถานการณ์ที่ได้รับได้ โดยสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพได้ทุกคน แต่มีนักเรียนนักเรียนบางคนมองภาพหลอดไฟในสถานการณ์จำลองไม่ออกและเข้าใจว่ามีหลอดไฟบางหลอดติดอยู่ แต่นักเรียนได้มีการสอบถามครูทำให้นักเรียนทุกคนสามารถเขียนสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้า โดยระบุชื่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน

ผู้วิจัยควรพัฒนาแบบบันทึกกิจกรรมในเรื่อง การแยกปัญหาให้มีสัญลักษณ์หลอดไฟติด/ไม่ติดให้ชัดเจน หรือควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจภาพสถานการณ์จำลองโดยรวมก่อนที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"ควรมีสัญลักษณ์ หรือบรรยายเพื่ออธิบายว่าหลอดไฟทุกหลอดในทุกสถานการณ์ในภาพไม่ติด" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 25 มกราคม 2564)

"ควรปรับปรุงแบบบันทึกกิจกรรมข้อที่ 1 ให้มีสัญลักษณ์ของหลอดไฟที่ติด/ไม่ติดให้ชัดเจน หรือมีการอธิบายภาพสถานการณ์จำลองในเบื้องต้นก่อนให้นักเรียนทำกิจกรรม" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 18 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุสถานการณ์ของแต่ละรูปแบบของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชีวิตประจำวันได้ และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ทุกคน แต่มีนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนระบุแนวโน้มของปัญหาจากสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ได้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกแนวโน้มของปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองได้ โดยนักเรียนยังคงระบุปัญหาในแต่ละสถานการณ์จำลองแทนการเขียนแนวโน้มของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ทำให้ทราบว่าครูควรมีการสร้างความเข้าใจในความหมายของ แนวโน้มของปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะลงมือทำกิจกรรมอย่างทั่วถึง ดังผลสะท้อน

"ควรสร้างความเข้าใจให้นักเรียน เข้าใจความหมายของแนวโน้มของปัญหา ว่าเป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าไม่ใช่การบอกถึงปัญหาที่พบในแต่ละสถานการณ์จำลอง ก่อนที่นักเรียนจะทำกิจกรรมเพื่อลดการไม่เข้าใจความหมายของ แนวโน้มของปัญหา ในแบบบันทึกกิจกรรม" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่สามารถทำให้นักเรียนได้หาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และนักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวของและสามารถระบุข้อมูลที่สำคัญได้ทุกคน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบข้อผิดพลาดคือ มีนักเรียนบางคนไม่เขียนอธิบายการเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชีวิตประจำวันในแบบบันทึกกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"มีนักเรียนบางคนไม่ได้เขียนเพื่ออธิบายการเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันในบันทึกกิจกรรม" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยควรเพิ่มคำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นให้เกิดการเชื่อมโยงประเด็นปัญหาเรื่องการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังผลสะท้อน

"ครูควรเพิ่มคำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงข้อคิดเห็นในการเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่พบในชีวิตประจำวัน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ออกแบบการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนผังงาน โดยนักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยในการจัดกิจกรรมการเขียนผังงานในครั้งนี้ นักเรียนบางคนเขียนลูกศรกลับทิศทางในการบอกลำดับการทำงานในผังงาน ดังผลสะท้อน

"ในการเขียนผังงานมีนักเรียนบางคนเขียนหัวลูกศรกลับทิศ และในชั่วโมงเรียนครั้งนี้พบปัญหานักเรียนติดกิจกรรมอื่นที่ต้องขอเวลาไปทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนรีบทำและเกิดความผิดพลาดในการเขียนผังงานในครั้งนี้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

"มีนักเรียนบางคนเขียนลูกศรผิด เนื่องจากเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสามารถใช้ลูกศรทั้งสองทางเพื่อแสดงว่าคำสั่งดังกล่าวสามารถกลับมาประมวลผลได้"(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

ผู้วิจัยควรนัดหมายนักเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจเพิ่มเติม ดังผลสะท้อน

"ครูควรทบทวนความรู้ก่อนเริ่มกิจกรรมในครั้งต่อไปเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในการเขียนผังงานให้ถูกต้องครบถ้วนทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 28 มกราคม 2564)

กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit นักเรียนทุกคนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองหลอดไฟฟ้าติดผนังทำงานได้อัตโนมัติ โดยมีนักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนคำสั่งให้บอร์ด micro:bit สั่งแบบจำลองให้ทำงานอัตโนมัติได้ แต่มีการสอบถามเพื่อนและครูผู้สอนทันทีทำให้สามารถแก้ปัญหาบล็อกคำสั่งที่ทำงานผิดพลาดและส่งผลให้สามารถเขียนคำสั่งให้บอร์ด micro:bit ควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชิ้นงานหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติให้ทำงานได้ครบทุกคน

วงจรที่ 3

ขั้นวางแผน

ก่อนการเริ่มสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยได้นำข้อควรปรับปรุงในวงจรที่ 2 มาปรับแบบบันทึกกิจกรรมให้มีความสมบูรณ์ให้มากที่สุด ดำเนินการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้และทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ จากการตรวจสอบผลการจัดการเรียนรู้ในเบื้องต้นพบว่าทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยเฉลี่ยแยกเป็นทักษะ การแยกปัญหาอยู่ในระดับ 3 (ถ่ายโอนแบบสูบริบท) การหารูปแบบอยู่ในระดับ 3 (ถ่ายโอนแบบสูบริบท) การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับ 3 (ถ่ายโอนแบบสูบริบท) การออกแบบขั้นตอนอยู่ในระดับ 4 (ถ่ายโอนแบบใกล้) ซึ่งผลเป็นที่พอใจ

ผู้วิจัยจึงดำเนินการวางแผนในการเก็บข้อมูลในวงจรที่ 3 โดยผู้วิจัยวางแผนให้มีผู้ร่วมสังเกตได้สังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และบันทึกจุดเด่น สภาพปัญหา และข้อที่ควรปรับปรุงลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับการบันทึกแบบสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยเอง นอกจากนี้ยังมีการวางแผนในการจัดทำแบบบันทึกกิจกรรมให้นักเรียนได้บันทึกการเรียนรู้ของตนเอง โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะต้องมีส่วนร่วมในการแสดงสถานการณ์ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย ให้คำแนะนำในการเขียนวงจรไฟฟ้า การตอบถามถาม การเชื่อมโยงวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน การเขียนผังงาน และการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง มีการสังเกตและสอบถามนักเรียนภายในชั้นเรียนว่าเกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณหรือไม่ รวมทั้งเป็นผู้ควบคุมเวลา ในการนำเสนอของนักเรียนและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแผนให้ชัดเจนก่อนที่จะนำแผนไปใช้จริง โดยแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้กำหนดไว้ 4 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้โดยใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยจัดการเรียนรู้ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 8.30 - 9.30 น. ของวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง เวลา 13.30 – 14.30 น. ของวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง และ เวลา 10.30 – 11.30 น. ของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2564 จำนวน 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในจำนวน 4 วันของสัปดาห์

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการสอบถามนักเรียนและเชื่อมโยงการจัดการเรียนรู้เมื่อครั้งก่อนคือเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม กับเรื่องที่จะได้รับการเรียนรู้ในวันนี้คือ เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนาน และชี้แจงเกณฑ์การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณให้นักเรียนได้เข้าใจและสามารถระบุข้อความให้ตรงตามเกณฑ์การวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณให้มากที่สุดตามความสามารถของตนเอง โดยไม่ชี้นำคำตอบนักเรียนล่วงหน้า

การเริ่มต้นจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยถามประสบการณ์เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันว่า "มีใครรู้จักวงจรไฟฟ้าแบบขนานบ้างไหมครับ" (ผู้วิจัย, 1 กุมภาพันธ์ 2564) ได้รับคำตอบจากนักเรียน ดังนี้

"เป็นวงจรไฟฟ้าที่ต่อแบบขนานกันเป็นรางรถไฟครับ" (นักเรียน n3, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"เป็นวงจรที่ต่อกันแบบคู่ครับ" (นักเรียน n5, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"ดวงไหนเสียอีกหลอดจะยังติดอยู่ครับ" (นักเรียน n3, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับวงจรไฟฟ้าแบบขนานมีเพื่อนเข้าใจประมาณนี้ไม่รู้ว่าใช่หรือเปล่านะครับ ก่อนอื่นตอนนี้เรามาพิจารณาภาพกันก่อน และครูขออธิบายภาพเพิ่มเติมก่อนนะครับว่าในภาพนี้ให้นักเรียนพิจารณาให้ดีดูว่าหลอดใดเสียหรือไม่เสียสังเกตหลอดไฟให้ดีนะครับ แต่ละหลอดไม่เหมือนกันบางหลอดอาจมีแสงจะหมายถึงอะไรได้บ้างลองติดดูก่อนนะครับ" (ผู้วิจัย, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

จากการสอบถามเบื้องต้นทำให้ทราบข้อมูลว่ามีนักเรียนบางคนสามารถบอกลักษณะสำคัญของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานได้ในเบื้องต้น เพื่อให้เห็นภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่ชัดเจนและนักเรียนมีความเข้าใจในการต่อหลอดไฟด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมครูจึงให้นักเรียนพิจารณาภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ให้นักเรียน โดยจัดเป็นกลุ่ม 4 กลุ่มโดยไม่ซ้ำกลุ่มเดิม เพื่อทำการศึกษาโดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 กลุ่มที่ 2 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 2 กลุ่มที่ 3 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 3 และกลุ่มที่ 4 สังเกตภาพสถานการณ์จำลองที่ 4 และมีการสลับตำแหน่งกลุ่มให้ไม่ซ้ำกับกิจกรรมที่ 1. การแยกปัญหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์จำลองและร่วมกันระบุปัญหาที่ทำให้ไฟฟ้าไม่ติดในวงจรไฟฟ้าแบบขนานของแต่ละสถานการณ์ลงในแบบบันทึกกิจกรรมของแต่ละคนในข้อ 1.1 และวาดภาพวงจรไฟฟ้าลงในข้อ 1.2 ในข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในสถานการณ์ที่ได้รับ ในระหว่างการทำกิจกรรมการแยกปัญหามีนักเรียนพูดขึ้นว่า "ครูคะ เสร็จแล้วค่ะ" (นักเรียน n14, 1 กุมภาพันธ์ 2564) "ครูขอดูครับ นักเรียนอย่าลืมเขียนเชื่อมโยงในชีวิตประจำวันไปด้วยนะครับ ในชีวิตประจำวันเราพบการต่อหลอดไฟแบบขนานอยู่มากเพราะอะไรครับ" (ผู้วิจัย, 1 กุมภาพันธ์ 2564) "เพราะว่าเวลาเสียจะได้รู้ว่าหลอดใดเสียไงครับ" (นักเรียน n3, 1 กุมภาพันธ์ 2564) "ครับผมดีมากครับ วงจรไฟฟ้าแบบขนานนี้เราต่อเพื่อให้ง่ายต่อการหาว่าหลอดใดเสีย และที่สำคัญถ้ามีหลอดไฟเสียหนึ่งหลอด หลอดอื่นๆ ก็ยังใช้ได้ครับผม เยี่ยมมากครับ" (ผู้วิจัย, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

ตลอดการทำกิจกรรมที่ 1.1 มีนักเรียนสอบถามการเขียนภาพวงจรไฟฟ้าและเมื่อเขียนเสร็จมีการสอบถามครูและเพื่อนๆ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเองตลอดการทำกิจกรรม และมีการนำเสนอผลงานของตนเอง "ใครเสร็จแล้วนำเสนอเพื่อนๆ ได้เลยนะครับ" (ผู้วิจัย, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"ภาพสถานการณ์จำลองที่ 1 ไส้หลอดไฟหลอดที่ 1 ขาดจึงทำให้ไม่ติดแต่หลอดไฟหลอดที่ 2 ยังติดอยู่เราสามารถพบในชีวิตประจำวันได้เช่นที่บ้าน หรือโรงเรียนเพราะเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน" (นักเรียน n11, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"สาเหตุที่ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงานคือไส้หลอดไฟขาดแต่อีกดวงหนึ่งยังติดเพราะเป็นการต่อแบบขนานเคยเห็นที่บ้านและตามงานต่างๆ ครับ" (นักเรียน n3, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"เนื่องจากคนเราทิ้งขยะให้ห้องอาหารและทำให้หนูได้กลิ่นและมากิน ทำให้หนูมากัดสายไฟจึงทำให้ไฟไม่ติดทั้งสองหลอดที่ร้านอาหารครับ" (นักเรียน n1, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"มีลูกบอลมาโดนหลอดไฟทำให้หลอดไฟตกแตก แต่อีกหลอดหนึ่งยังติดอยู่ การต่อไฟแบบขนานสามารถพบเห็นได้ที่บ้านครับ" (นักเรียน n6, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"หลอดไฟไม่ทำงานเพราะไม่ได้ยกสวิตช์ไฟขึ้น เกิดขึ้นที่บ้านคะ" " (นักเรียน n8, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"เพราะสายไฟขาด และไม่ได้เปิดไฟจึงทำให้ไฟไม่ติดสองหลอด เมื่อเปิดไฟไฟก็ไม่ติดเพราะสายหลอดไฟขาดครับ" (นักเรียน n5, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

การทำกิจกรรมในใบกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู โดยนักเรียนได้มีร่วมนำเสนอการวิเคราะห์สถานการณ์ของแต่ละกลุ่มครบทุกประเด็นปัญหาจากสถานการณ์จำลอง

ผู้วิจัยได้สรุปสาระสำคัญของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ให้นักเรียนได้ทราบอีกครั้งก่อนนัดหมายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปในชั่วโมงที่ 2 ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน มีการแจ้งระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ให้นักเรียนได้ทราบจากเกณฑ์การวัดระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนจบกิจกรรมการแยกปัญหาจากสถานการณ์จำลอง

ในชั่วโมงที่ 2 ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมคืนให้นักเรียนทุกคน และบอกนักเรียนว่าเมื่อครั้งที่แล้วเราได้สังเกตุภาพสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์โดยในครั้งนี้นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น "สวิตช์ไฟนี้เราต่อแบบอะไรนะ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"แบบอนุกรมครับ" (นักเรียน n3, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"เก่งมากครับ ใช่แล้วครับ เพราะการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะเป็นการตัดวงจรไฟฟ้าให้วงจรไฟฟ้าเปิดนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ในวันนี้นักเรียนจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ให้ดีนะครับและอย่าลืมเขียนระบุปัญหาในชีวิตประจำวันไปด้วยนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมข้อ 2.1 และ 2.2 มีนักเรียนถามขึ้น

"ครูคะ ทำไมช่องมันน้อยจังเลยคะ" (นักเรียน n14, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ใช่ครับครูผมเขียนได้ 3 บรรทัดเองครับ" (นักเรียน n5, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ใช่ๆ คะครูมันน้อย พวกหนูเขียนช่องเพิ่มได้ไหมคะ" (นักเรียน n11, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"แสดงว่านักเรียนเขียนได้มากขึ้น ครั้งหน้าครูจะปรับให้มีพื้นที่เขียนอธิบายให้มากขึ้นนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ฟิวส์เป็นการต่อแบบไหนนะครับ" (นักเรียน n5, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"เป็นการต่อแบบอนุกรมเหมือนสวิตช์ไฟนะครับ เพราะเมื่อเราใช้กระแสไฟเกินกว่าฟิวส์ที่ใส่ไว้ฟิวส์ก็จะขาดและตัดวงจรไฟฟ้าครับ"

"ถ่านก็ไม่ใช่ขนานถูกไหมครับ" (นักเรียน n5, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ใช่ครับเป็นการต่อแบบอนุกรมครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"พัดลมเป็นการต่อขนานกับปลั๊กไฟใช่ไหมครับ" (นักเรียน n3, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ใช่ครับ เป็นการต่อแบบขนานครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูคะแบบนี้ พวกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่บ้านคือต่อแบบขนานทั้งหมดเลยใช่ไหมคะ" (นักเรียน n10,2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับผม ต่อแบบขนานครับ สังเกตง่ายๆ ถ้าเราปิดพัดลม ทีวี ตู้เย็น เครื่องซักผ้า ก็ไม่ได้ปิดไปด้วยใช่ไหมครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูครับแล้วทำไมไฟดับถึงไม่ใช้ไม่ได้ทั้งหมดเลยละครับ" (นักเรียน n5, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

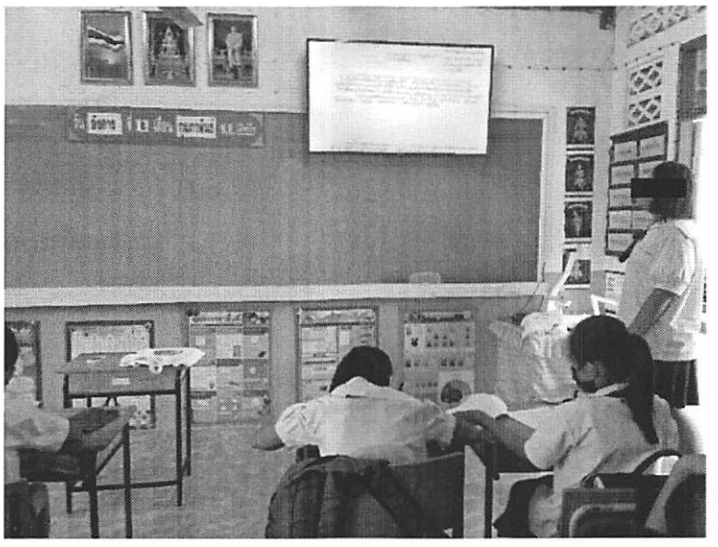
"ก็เพราะไม่มีการจ่ายไฟมาให้วงจรไฟฟ้า หรือมีการเปิดวงจรไฟฟ้าไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมายังเครื่องใช้ไฟฟ้าเราเช่น สายไฟฟ้าริมทางขาด หรือหม้อแปลงไฟระเบิด ไงครับ"

"ครูคะแบบนี้ไหมคะ หนูจะอ่านให้ครูฟัง" (นักเรียน n10, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"เมื่อพบหลอดไฟดวงที่ 1 ไม่ติดมีแนวโน้มที่เกิดจากไส้ของหลอดไฟขาดแต่ที่หลอดไฟอีกดวงหนึ่งติดเพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนาน" (นักเรียน n10, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับผม ดีมากครับ แนวโน้มนี้เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้านะ เราก็จะใช้คำเช่น เมื่อ ถ้า... ไว้เพื่อบอกว่าเป็นเหตุการณ์ที่เราคาดการณ์ไว้ ไม่ใช่การระบุปัญหานะครับ และอย่าลืมเขียนสถานการณ์ในชีวิตประจำวันด้วยนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคล้ายกันของปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 ครบทั้ง 4 กลุ่ม หลังจากระบุรูปแบบ แนวโน้ม และสถานการณ์ในชีวิตประจำวันแล้ว ดังภาพ



ภาพ ตัวแทนนักเรียนเสนอความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

"สิ่งเหมือนกันในภาพเหตุการณ์ 1-4 คือ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานเมื่อไฟ 1 ดวงไม่ติดแต่อีกดวงก็ยังติดอยู่ แต่หากวงจรไฟฟ้าถูกเปิดออก ก็จะไม่ติดแต่สามารถพบการต่อวงจรไฟฟ้าฟ้าแบบขนานได้ที่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องซักผ้า พัดลม ตู้เย็น หม้อหุงข้าว" (นักเรียน n11, 2 กุมภาพันธ์ 2564) (นักเรียน G1, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ทุกสถานการณ์มีความคล้ายกันคือถ้าหลอดไฟอีกหลอดไม่ติดแต่อีกหลอดจะติด เพราะทุกสถานการณ์เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานและเราสามารถพบสถานการณ์นี้ได้ที่ บ้าน วัด โรงเรียน โรงอาหารนอกจากนี้ ยังพบการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น เครื่องซักผ้า พัดลม หม้อหุงข้าว TV เป็นต้น" (นักเรียน G2, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ถ้าไฟที่หนึ่งไม่ติดหลอดที่ 2 ก็ยังติดอยู่เพราะเป็นการต่อไฟฟ้าแบบขนาน เช่นที่ร้านอาหาร มีตู้เย็น ทีวี ไฟแบบขนานจะเป็นไฟที่ดี" (นักเรียน G3, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ไฟไม่ติดเพราะว่าการทำงานของไฟฟ้าไม่สมบูรณ์แต่ก็ยังติดเพราะเป็นการต่อแบบขนานและเราสามารถพบเห็นตามที่ต่างๆ ได้ที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น บ้าน โรงเรียน วัด ร้านอาหาร และอาจจะเกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น หลอดไฟ เตารีด พัดลม โทรทัศน์ ฯลฯ" (นักเรียน G4, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

หลังจากที่ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหาที่คล้ายกันของวงจรไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์แล้ว ครูสรุปประเด็นความคล้ายกันของปัญหาจากภาพสถานการณ์จำลองและวิเคราะห์คำตอบและการนำเสนอในระหว่างตัวแทนนักเรียนนำเสนอเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและจับประเด็นสำคัญของเพื่อนนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้แจ้งนักเรียนว่า"กิจกรรม 3.1 นักเรียนจะได้แยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่สำคัญนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564) โดยเขียนข้อมูลลงในช่องตาราง ข้อมูลที่สำคัญ และให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่ไม่สำคัญในช่องตาราง ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องในแบบบันทึกกิจกรรมในข้อ 3.1 มีนักเรียนถามขึ้นว่า

"ครูคะบอกข้อมูลที่สำคัญแบบนี้ได้ไหมคะ" (นักเรียน n11, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"หนูไม่เกี่ยวเพราะหนูไม่ได้กัดสายไฟ" (นักเรียน n11, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับใช่แล้วครับ เพราะหนูไม่ได้เกี่ยวกับสถานการณ์นี้เลยใช่ไหมครับ เพราะจากภาพไส้หลอดขาดใช่ไหมครับ และอย่าลืมเขียนเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันไปด้วยด้านล่างตารางนะครับ" (ผู้วิจัย, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ขณะที่นักเรียนเขียนบันทึกกิจกรรม ครูเดินตรวจสอบและอธิบายจุดที่นักเรียนยังไม่ทำเพื่อกระตุ่นผู้เรียนให้ร่วมกิจกรรมครบทุกประเด็น และให้นักเรียนเขียนสรุปข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมทำงานได้ และแจ้งเพิ่มเติมให้นักเรียนมีการเขียนเชื่อมโยงเรื่องการต่อไฟแบบอนุกรมในชีวิตประจำวันในการเขียนบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้ และชีแจงเกณฑ์การประเมินให้นักเรียนฟังอีกเครื่องเพื่อให้เห็นแนวทางการเขียนเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันโดยให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์และร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ว่าจะอยู่ในระดับใดของเกณฑ์การประเมิน ดังตัวอย่างที่นักเรียนนำเสนอเช่น

"สิ่งสำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรปกติไม่ได้รับความเสียหาย ตัวอย่างเช่น การเปิดพัดลม หากเสียบปลั๊กแต่ได้กดปุ่ม หรือกดปุ่มแต่ไม่ได้เสียบปลั๊กวงจรไฟฟ้าในพัดลมก็จะถูกเปิดออกทำให้ใช้งานไม่ได้ แต่ถ้าเสียบปลั๊กพัดลมและกดปุ่มพัดลมวงจรไฟฟ้าในพัดลมก็จะถูกปิดจึงใช้งานพัดลมได้ตามปกติ" (นักเรียน n10, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ในชั่วโมงที่ 3 ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนว่าในวันนี้นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานแบบจำลองโดยนำความรู้เรื่อง micro:bit ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาแล้วในเบื้องต้นมาออกแบบชิ้นงานให้ทำงานอัตโนมัติในกิจกรรม 4.1 มีนักเรียนถามขึ้นขณะทำกิจกรรมว่าว่า

"ออกแบบเป็นแบบนี้ได้ไหมคะ นาฬิกาปลุกที่ดับได้เอง เราจะตั้งนาฬิกาไว้เมื่อถึงเวลาที่กำหนดนาฬิกาก็ดังเป็นระยะเวลา 1 นาที แต่หากยังไม่มีใครมากดปุ่มหยุดนาฬิกาก็จะดับเอง เมื่อนาฬิกาดับไฟในห้องก็จะกระพริบจนกว่าจะมีคนมาปิด" (นักเรียน n10, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับดีครับ ดีมากครับมีการออกแบบได้ดี เขียนผังงานต่อได้เลยครับ" (ผู้วิจัย, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูคะผังงานแบบนี้ถูกไหมคะ (นักเรียน n10, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"ใช่ครับ ถูกต้องครับ นักเรียนตรวจสอบของตนเองให้ดีนะครับ บางคนเขียนลูกศรกลับทิศบางคนเขียนลูกศรทั้ง 2 ทิศทางเลย การเขียนผังงานเราเขียนลูกศรเพื่อบอกลำดับการทำงานได้ทิศทางเดียวนะครับ" (ผู้วิจัย, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูคะ แบบนี้ไหมคะ" (นักเรียน n11, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูครับ ของผมได้ไหมครับ" (นักเรียน n3, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

ในกิจกรรมออกแบบชิ้นงานนักเรียนได้แลกเปลี่ยนและอ่านข้อความที่ตนเองได้ออกแบบชิ้นงานไว้ให้ครูและเพื่อนๆ ได้ชมจนเขียนครบทุกคน

โดยจากการพูดคุยและตกลงกันเบื้องต้นนักเรียนเสนอสร้างแบบจำลองไฟประดับรั้ว และผู้วิจัยได้เชื่อมโยงชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบให้นักเรียนสร้างชิ้นงานไฟประดับรั้วอัตโนมัติตามแผนและอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ล่วงหน้าแล้วและจะมีการเพิ่มเติมลำโพงให้นักเรียนได้ต่อกับชิ้นงาน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเขียนผังงานในกิจกรรม 4.2 โดยเริ่มจาก ครูอธิบายสัญลักษณ์ของ

ผังงานก่อนเพื่อสร้างความเข้าใจก่อนการเขียนผังงานในการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) พร้อมกับอธิบายเกณฑ์การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในการเขียนบล็อกคำสั่งด้วยโปรแกรม Microsofte makcode ลงใน micro:bit ให้ควบคุมหลอดไฟฟ้าในแบบจำลองไฟประดับรั้วอัตโนมัติ

เมื่อนักเรียนเขียนเสร็จผู้วิจัยเก็บข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบบันทึกกิจกรรมข้อ 4.2 และทดสอบอุปกรณ์และบอร์ด micro:bit ก่อนให้นักเรียนใช้งานจริง

ชั่วโมงที่ 4 ครูจัดเตรียมอุปกรณ์และให้นักเรียนได้ร่วมกันต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานในแบบจำลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ และเขียนโค้ดโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ให้ทำงานอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นจาก ครู บอกให้นักเรียนทราบว่า ในวันนี้นักเรียนจะเลือกใช้ช่องสัญญาน ที่ 0 และ 1 โดยใช้สัญญานที่เป็น analog ในการต่อเซนเซอร์วัดค่าแสงช่องสัญญาณ 1 และช่องสัญญา 0 จะใช้ต่อกับลำโพงโดยบอร์ด iBIT+ จะใช่ต่อลำโพงที่ช่องสัญญาณ 0 เท่านั้น และในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้จะใช้บล็อกคำสั่ง motor โดยเริ่มจากการต่อส่วนขายในชื่อ iBIT++ เพื่อเรียกใช้คำสั่ง motor มาใช้ในการสั่งหลอดไฟให้สามารถปรับความเข้มของแสงสว่างได้ เมื่อนักเรียนเข้าใจและหมดข้อคำถามแล้ว ให้นักเรียนร่วมกันต่อแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติของแต่ละกลุ่ม

ขณะที่นักเรียนหลายกลุ่มกำลังนั่งเขียนโค้ดโดยใช้บล็อกคำสั่งมีนักเรียนพูดขึ้นว่า

"ครูคะของหนูเสร็จแล้วคะ แบบนี้คะ" (นักเรียน n11, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

หลังจากนั้นครูเดินไปตรวจดูคำสั่งและพูดว่า

"ถูกต้องแล้วครับ นักเรียน download ไฟล์ลงในบอร์ด micro:bit แล้วต่อกับชิ้นงานได้เลยครับ" (5 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูคะมันไม่ติดคะ มันติดข้างเดียว" (นักเรียน n11, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครับผม น่าจะเป็นที่สายไฟนะครับเพราะเราต่อแบบขนานไฟอีกหลอดจึงติดได้เดี๋ยวครูนำสายไฟเส้นใหม่มาให้ครับ" (ผู้วิจัย, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

"ติดแล้วคะ ติดทั้ง 2 หลอดเลย" (นักเรียน n11, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

ตลอดการเขียนโปรแกรมผู้วิจัยได้เดินตรวจสอบบล็อกคำสั่งที่คอมพิวเตอร์ของนักเรียนทุกคน จนสามารถเขียนได้ครบทั้ง 14 เครื่อง และสามารถเขียนคำสั่งลงบอร์ด micro:bit ให้สั่งแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติทำงานได้ทุกเครื่อง

เมื่อครบเวลาเรียน ครูให้นักเรียนช่วยกันเก็บอุปกรณ์และปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และสรุปประเด็นการเขียนบล็อกคำสั่งที่นักเรียนทำไม่ได้เนื่องจากใช้คำสั่งผิดตำแหน่ง และ download ไฟล์ลงบอร์ดไม่ถูกต้องแต่มีการสอบถามเพื่อนๆ จนสามารถสั่งงานแบบจำลองหลอดไฟติดผนังอัตโนมัติได้ทุกคน

ขั้นสังเกตการณ์

ข้อมูลจากการสังเกตที่ได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน รายละเอียดแบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

นักเรียนระบุปัญหาภายในวงจรไฟฟ้าจากสถานการณ์จำลองที่ได้รับ แยกประเด็นปัญหาในแต่ละสถานการณ์เพื่อใช้เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่ออธิบาย และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

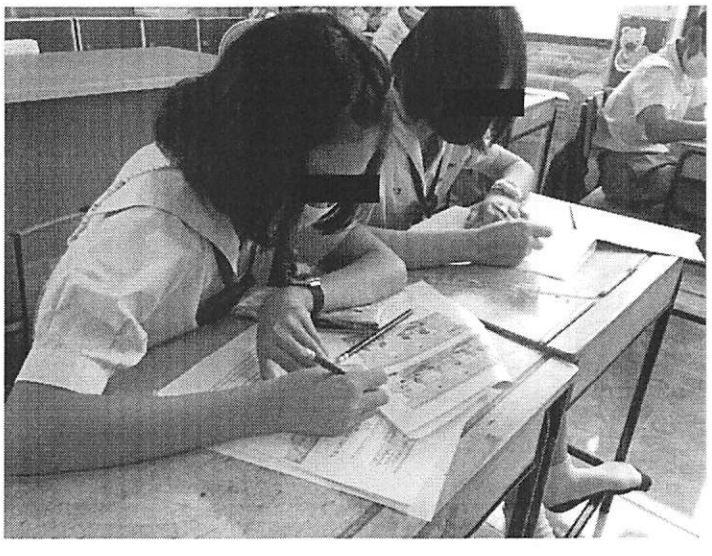
จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ นักเรียนได้ลงมือหาสาเหตุของปัญหาด้วยตนเองผ่านภาพสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ และมีกิจกรรมให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกันทำให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทุกคน ดังเช่นผลสะท้อน ดังนี้

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสถานการณ์ที่ได้รับได้ทุกคน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีการช่วยเหลือเพื่อนๆ อย่างทั่วถึง ดังภาพที่ 18 ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์แต่ละภาพได้ทุกคน ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนสามารถระบุปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจากสถานการณ์ตัวอย่าง และสามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ การใช้ความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ได้รับ

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 1 คิดออกแบบปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue) คือ กิจกรรมการแยกปัญหานักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมเสร็จเร็วกว่ากำหนด จากที่กำหนดไว้ 60 นาที นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมเพียง 40 นาที ดังผลสะท้อน

"กิจกรรมการแยกปัญหา นักเรียนทำกิจกรรมเสร็จเร็วกว่ากำหนด" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"ควรให้นักเรียนได้ตรวจสอบผลงานของตนเองและได้นำเสนอทุกคนเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงปัญหา ในหลายประเด็นสู่ชีวิตประจำวันให้เห็นภาพมากที่สุดรวมทั้ง เป็นการตรวจสอบการระบุปัญหาของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมได้ทุกคนด้วย" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

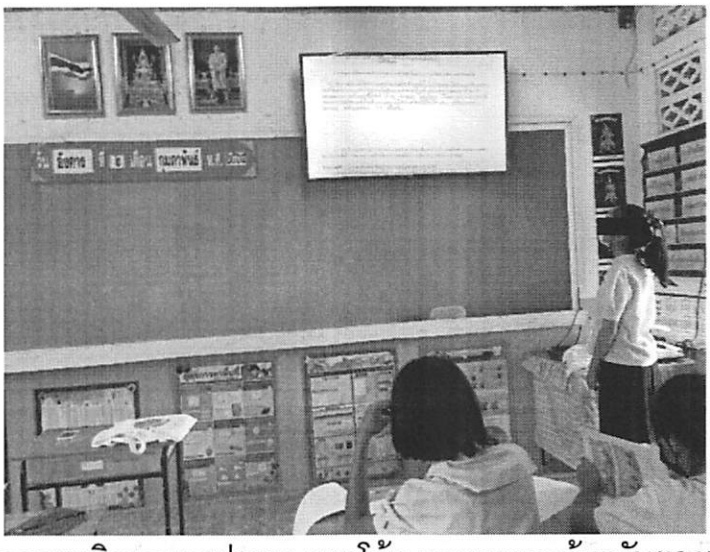
นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบแนวโน้ม ความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าภายในสถานการณ์ที่ได้รับของแต่ละกลุ่มและสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักพิจารณารูปแบบของปัญหา ดังภาพที่ 19 และรู้จักความคล้ายกันของปัญหาโดยเฉพาะในเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหา รูปแบบของปัญหา และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาจากสถานการณ์จำลองเรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนาน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ กิจกรรมพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม และความคล้ายกันของปัญหา

อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงปัญหาที่พบในสถานการณ์จำลองในแต่ละสถานการณ์ สู่ชีวิตประวันได้ ดังผลสะท้อน

"การใช้คำถามนำของครูสามารถช่วยให้นักเรียนใช้ปัญหาจากสถานการณ์จำลองระบุแนวโน้มของปัญหาได้ดีขึ้น" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities) คือ ตารางรูปแบบแนวโน้มของปัญหามีพื้นที่ในการแสดงความคิดเห็นไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนในการแสดงความคิดเห็นเพื่อนระบุรูปแบบแนวโน้มของปัญหา ดังผลสะท้อน

"ควรมีการสร้างความเข้าใจด้วยการใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนได้ระบุปัญหาจากสถานการณ์จำลองเพิ่มขึ้น" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ครูควรใช้คำถามนำเพิ่มขึ้นเพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์จำลองและใช้ระบุแนวโน้มของปัญหาได้มากยิ่งขึ้น (ครูผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

นักเรียนร่วมกันแยกข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องภายในสถานการณ์จำลองปัญหาวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพื่อหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หารูปแบบของปัญหาหลัก ผ่านการเขียนสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องลงในตาราง ทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพของปัญหาสำคัญได้ง่าย ดังผลสะท้อน

"นักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่สำคัญ และข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์จำลองได้ทุกคน และนักเรียนส่วนใหญ่เขียนตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในการระบุข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"นักเรียนทุกคนสามารถแยกประเด็นปัญหาหลักออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ทุกคน โดยมีการระบุข้อมูลที่สำคัญที่จะทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ และสามารถเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data) คือ ในกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก นักเรียนบางคนยังคงไม่ได้เขียนเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้ากับประสบการณ์ตรงในชีวิตประจำวัน ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนไม่ได้เขียนการเชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

"ในการบอกข้อมูลที่สำคัญนักเรียนบางคนไม่ระบุตัวอย่างเพื่อแสดงตัวอย่างข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

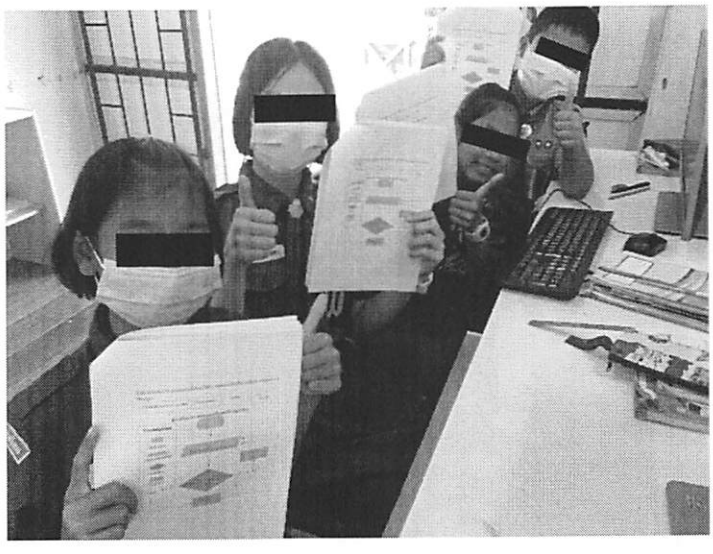
ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

นักเรียนได้ออกแบบการเรียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนข้อความหรือผังงาน และดำเนินการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode For micro:bit ในการออกแบบบล็อกคำสั่งวงจรไฟฟ้าโดยการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน หลอดไฟประดับรั้วอัตโนมัติ

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกโดยผู้วิจัย และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สังเกตการณ์ การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 นี้สามารถแยกได้ 2 ประเด็น คือ จุดเด่น และจุดควรพัฒนา ดังนี้

จุดเด่นของขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) คือ เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกคนส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ ดังภาพที่ 20 และสามารถเขียนบล็อกคำสั่งได้ทุกคน ดังผลสะท้อน

"นักเรียนทุกคนสามารถเขียนผังงานได้ถูกต้อง" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

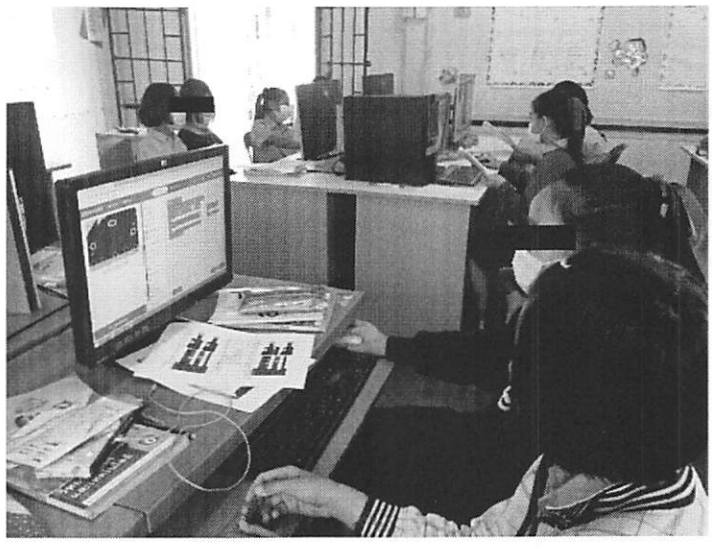


ภาพ กิจกรรมการเขียนผังงานเพื่อแสดงการวางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน

และเมื่อสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนทุกคนมีการนำความรู้เดิมเรื่องวงจรไฟฟ้าของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีความตั้งใจเรียน เอาใจใส่ มีความเพียรพยายาม ตั้งใจและรับผิดชอบในการเขียนบล็อกคำสั่งให้สำเร็จ ดังภาพที่ 21 โดยมีการสอบถามครูและเพื่อนๆ เมื่อตนเองทำไม่ได้ ดังผลการสะท้อน

"นักเรียนเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit ในชิ้นงานหลอดไฟประดับรั้วอัตโนมัติได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"นักเรียนมีการสอบถามเพื่อนและครูเมื่อนักเรียนเขียนผังงานและเขียนโค้ดด้วยโปรแกรม Microsoft MakeCode ไม่ได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งเพื่อควบคุมไฟติดผนังอัตโนมัติ

จุดควรพัฒนาของขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction) คือ กิจกรรมการออกแบบขั้นตอนวิธี ข้อ 4.2 การเขียนผังงานนักเรียนใช้เวลาในการทำน้อยกว่าเวลาที่กำหนดไว้ โดยใช้เวลาเพียง 35 นาที จากที่ควรใช้เวลา 1 ชั่วโมง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนใช้เวลาในการเขียนผังงานน้อยกว่าที่กำหนด โดยใช้เวลาเพียง 35 นาที จากเวลาที่กำหนดไว้ 1 ชั่วโมง" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 29 มกราคม 2564)

ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ

ข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์ ซึ่งได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งบันทึกการทำกิจกรรมของนักเรียน สามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ CICP model ร่วมกับการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกคำสั่ง เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนานตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 คิดออกแบบระบุปัญหาในหลายประเด็น (Crack the big issue)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในสถานการณ์ที่ได้รับได้ โดยสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์ได้ทุกคนอย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมเพียง 40 นาที จากที่กำหนดเวลาไว้ 60 นาที

ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ใช้เวลาที่เหลือได้ตรวจสอบผลงานของตนเองและได้นำเสนอผลงานของตนเองทุกคนเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเชื่อมโยงปัญหาได้ในหลายประเด็นสู่ชีวิตประจำวันและเห็นภาพได้ชัดเจนมากที่สุด ดังผลสะท้อน

"ควรให้นักเรียนได้ตรวจสอบผลงานของตนเอง และได้นำเสนอทุกคนเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงปัญหาในหลายประเด็นสู่ชีวิตประจำวันให้เห็นภาพมากที่สุด รวมทั้งเป็นการตรวจสอบการระบุปัญหาของนักเรียนระว่างทำกิจกรรมได้ทุกคน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

"ควรใช้เวลาที่เหลือในการตรวจสอบผลงานของนักเรียนให้ครบทุกคนเพื่อสร้างความเข้าใจให้ตรงกันให้มากที่สุดก่อนเรียนรู้ในครั้งต่อไป" "(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2564)

ขั้นที่ 2 ระบุความคล้ายคลึงกันของแต่ละปัญหา (Identify the similarities)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกคนสามารถระบุสถานการณ์ของแต่ละรูปแบบแนวโน้มของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในชีวิตประจำวันได้ และสามารถบอกความคล้ายกันของปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ทุกคน ซึ่งนักเรียนได้สะท้อนว่าต้องการพื้นที่ในการเขียนคำตอบในแบบบันทึกกิจกรรมเพิ่มเติม เนื่องจากข้อความที่นักเรียนเขียนมีมากเกินกว่าขนาดช่องตารางเตรียมไว้ ดังผลสะท้อน

"ขนาดช่องตารางรูปแบบแนวโน้มของปัญหามีพื้นที่ไม่เพียงพอให้นักเรียนเขียนข้อมูล" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ทำให้ทราบว่าผู้วิจัยจะต้องคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าและเพิ่มขนาดช่องของตารางเพื่อให้นักเรียนได้เขียนแสดงความคิดของตนเองมาให้มากที่สุด ดังผลสะท้อน

"ควรเพิ่มพื้นที่ในช่องตารางรูปแบบแนวโน้มของปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้เขียนข้อมูลให้ได้มากที่สุดอย่างเต็มความรู้และความสามารถ" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2564)

ขั้นที่ 3 ลดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Compress the data)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่สามารถทำให้นักเรียนได้หาคำตอบให้อยู่ในรูปของปัญหาหลัก และนักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่ไม่เกี่ยวของและสามารถระบุข้อมูลที่สำคัญได้ทุกคน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบข้อผิดพลาดคือ มีนักเรียนบางคนไม่เขียนอธิบายการเชื่อมโยงปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบขนานในชีวิตประจำวันเพื่อแสดงตัวอย่างในแบบบันทึกกิจกรรม ดังผลสะท้อน

"นักเรียนบางคนไม่เขียนตัวอย่างในการบอกข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้วงจรไฟฟ้าแบบขนานทำงานได้" (ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยควรเพิ่มคำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นให้เกิดการเชื่อมโยงประเด็นปัญหาเรื่องการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังผลสะท้อน

"ในการบอกข้อมูลที่สำคัญควรเพิ่มคำสั่งให้นักเรียนเขียนตัวอย่าง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันด้วยเพื่อเป็นการให้นักเรียนแสดงความคิดเชิงนามธรรมในระดับที่สูงขึ้นได้" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 26 มกราคม 2564)

ขั้นที่ 4 วางแผนการเรียนรู้ทีละขั้นตอน (Planning the step-by-step instruction)

ในขั้นนี้สามารถสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ออกแบบการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านการเขียนผังงาน โดยนักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อความลงในผังงานได้ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ได้ โดยในการจัดกิจกรรมการเขียนผังงานในครั้งนี้ นักเรียนทุกคนสามารถเขียนผังงานได้ถูกต้องและเขียนเสร็จอย่างรวดเร็วก่อนเวลาที่กำหนดไว้ ดังผลสะท้อน

"นักเรียนใช้เวลาในการเขียนผังงานเสร็จเร็วมากเกินไป" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

"นักเรียนทุกคนเขียนผังงานเสร็จอย่างรวดเร็ว แต่ยังขาดความเรียบร้อยในการเขียนผังงาน"(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ใช้เวลาที่เหลืออยู่นำเสนอผังงานของตนเอง เพื่อเป็นการนำเสนอและตรวจสอบ แนวคิดและขั้นตอนการเขียนโปรแกรมของตนเอง ดังผลสะท้อน

"ควรให้มีการนำเสนอการเขียนผังงานของแต่ละคนให้เพื่อนๆ ได้ชมผลงานของคนอื่นๆ ทั้งการออกแบบชิ้นงานและการเขียนผังงาน" (ครูผู้เชี่ยวชาญการสอน, แบบสะท้อนการเรียนรู้, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

กิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกคำสั่งผ่านโปรแกรม Microsoft MakeCode เพื่อควบคุมบอร์ด micro:bit นักเรียนทุกคนสามารถเขียนบล็อกคำสั่งให้แบบจำลองไฟประดับรั้วโรงเรียนทำงานได้อัตโนมัติ โดยมีนักเรียนบางคนไม่สามารถ download คำสั่งลงบอร์ด micro:bit ได้แต่มีการสอบถามเพื่อนและครูผู้สอนทันทีทำให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวรวมทั้งสามารถแก้ปัญหาเรื่องการต่อบล็อกคำสั่งที่ทำงานผิดพลาด จนสามารถเขียนคำสั่งให้บอร์ด micro:bit ควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบขนานในชิ้นงานหลอดไฟประดับรั้วโรงเรียนให้ทำงานได้ครบทุกคน

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นายดำรงฤทธิ์ คุณสิน
วัน เดือน ปี เกิด	8 กุมภาพันธ์ 2529
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านพักครูโรงเรียนวัดวังเรือน ตำบลวังงิ้วใต้ อำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร 66210
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดวังเรือน ตำบลวังงิ้วใต้ อำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร 66210
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู คศ.1 โรงเรียนวัดวังเรือน
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ.2553	โรงเรียนแม่ทะประชาสามัคคี ตำบลดอนไฟ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง
พ.ศ.2556	โรงเรียนบ้านใหม่ราษฎร์ดำรง ตำบลเขาเจ็ดลูก อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร
พ.ศ.2558	กศน.อำเภอตะพานหิน ตำบลตะพานหิน อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
พ.ศ.2559	โรงเรียนบ้านเทอดไทย หมู่ 1 บ้านเทอดไทย ตำบลเทอดไทย อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย
พ.ศ.2559	โรงเรียนวัดวังเรือน หมู่ที่ 5 บ้านวังเรือน ตำบลวังงิ้วใต้ อำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2552	วท.บ.ชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก