

การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นายสุรศักดิ์ มีศรี

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2568

การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นายสุรศักดิ์ มีศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2568

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย : นายสุรศักดิ์ มีศรี
ปริญญา : ครุศาสตรมหาบัณฑิต (คณิตศาสตรศึกษา)
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวพล นนทภา
ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 3) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น 2) แบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 74.58/75.13 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด 2) คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS มีคะแนนพัฒนาการเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ย 7.92 คิดเป็นร้อยละ 52.68 3) ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS มีค่าเฉลี่ย 15.03 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach), การจัดการเรียนรู้สถานการณ์ในชีวิตจริง, การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์, แนวคิดทฤษฎี APOS

_____อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Title : The Development of Mathematical Understanding Based on the APOS Theory Framework Using an Open Approach Learning Activity Combined with Real-Life Situations for Grade 11 Students
Author : Mr.Surasak Meesri
Degree : Master of Education (Mathematics Education)
Rajabhat Maha Sarakham University
Advisor : Assistant Professor Dr.Navapon Nontapa
Year : 2025

ABSTRACT

The purposes of this research were (1) To develop an effective learning activity design based on the Open Approach integrated with real-life situations to enhance mathematical understanding of Grade 11 students, targeting an efficiency standard of 70/70; (2) To examine the development of mathematical understanding according to the APOS theoretical framework through the implementation of the Open Approach and real-life situations; (3) To compare students' mathematical understanding based on the APOS framework with the 70 percent benchmark; and (4) Investigate students' satisfaction toward the learning activities designed with the Open Approach and real-life situations. The sample group consisted of 40 students from Mathayom 5/11 class, selected using a cluster random sampling method. The research instruments included: (1) A learning activity plan using the Open Approach integrated with real-life situations on the topic of basic counting principles; (2) A mathematical understanding test based on the APOS theory; and (3) A learning satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that (1) The learning activities achieved an efficiency of 74.58/75.13, exceeding the 70/70 criterion; (2) The students' mathematical understanding, based on the APOS framework, showed improvement, with a mean developmental score of 7.92 or 52.68%; (3) The average mathematical understanding score was 15.03, which was significantly higher than the 70% benchmark at the .05

significance level; and (4) The overall, students expressed the highest level of satisfaction with the learning activities based on the Open Approach and real-life situations.

Keywords: The Open Approach learning activity, Real-life situation-based instruction, Development of mathematical understanding, APOS theory.

_____Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวพล นนทภา ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา ผู้ทรงคุณวุฒิการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงศ์ ทิพย์ชาติ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รามนรี นนทภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนชี้นำแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งให้คำแนะนำองค์ความรู้ แนวทางในการศึกษาค้นคว้ามาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่าน มา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ และคุณครูทรงรัตน์ ภารสถิตย์ คุณครูสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์ และคุณครูศุภวรรณ คัยนันทน์ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ช่วยตรวจสอบและให้คำแนะนำไปปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย รวมถึงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

คุณค่าและประโยชน์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึง และผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความจริงใจ และขอน้อมรำลึกบูชาพระคุณบิดามารดาผู้มีพระคุณตลอดจนบูรพาจารย์และผู้มีอุปการะทุกท่านที่ให้การสนับสนุน อยู่เบื้องหลังในการวางรากฐานการศึกษาให้กับผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้ผู้วิจัยขอน้อมคารวะแด่ผู้เขียนตำราวิชาการที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและใช้ในการอ้างอิงทุกท่าน

นายสุรศักดิ์ มีศรี

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก

ABSTRACT ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 7

1.3 สมมติฐานการวิจัย 7

1.4 ขอบเขตการวิจัย 7

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 8

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 11

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 13

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุง 2560 วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 13

2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีแบบเปิด (open approach) 18

2.3 ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding) 33

2.4 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 56

2.5 สถานการณ์ในชีวิตจริง (Real-Life) 63

2.6 ความพึงพอใจ 72

2.7 แนวคิดและความเป็นมาของการวัดพัฒนาการ 81

2.8 สถิติทดสอบที 83

2.9 เครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือ 85

หัวเรื่อง **หน้า**

2.10 แบบทดสอบอัตนัย 108
2.11 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 115
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 117
2.13 กรอบแนวคิดการวิจัย 133
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 135
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 135
3.2 แบบแผนการวิจัย 138
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 138
3.4 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย 140
3.5 เก็บรวบรวมข้อมูล 160
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 162
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 163
บทที่ 4 ผลการวิจัย 169
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 169
4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 170
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 170
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 193
5.1 สรุป 193
5.2 อภิปรายผล 195
5.3 ข้อเสนอแนะ 207
บรรณานุกรม 210
ภาคผนวก 223
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 224
ภาคผนวก ข การหาคุณภาพเครื่องมือ 264
ภาคผนวก ค รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย 291
ภาคผนวก ง หนังสือขอความอนุเคราะห์ 293

หัวเรื่อง **หน้า**

การเผยแพร่ผลงานวิจัย 300
ประวัติผู้วิจัย 301

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค 32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เวลาตลอดภาคเรียน 60 ชั่วโมง 17

2.2 สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) 26

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาปลายปิดและปัญหาปลายเปิด 29

2.4 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 59

2.5 แสดงความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง 66

2.6 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน. 91

2.7 ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า 102

2.8 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก 107

3.1 แบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Design) 138

3.2 เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น 139

3.3 จำนวนแบบทดสอบอัตนัยวัดระความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น 139

3.4 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 141

3.5 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 142

3.6 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 147

3.7 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 148

ตารางที่ **หน้า**

3.8 เกณฑ์การประเมินผล แบบสอบถามความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 151
3.9 เกณฑ์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 156
3.10 เกณฑ์การประเมินผล แบบสอบถามความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 161
3.11 เกณฑ์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับ เบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 162
4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 172
4.2 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 179
4.3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 184
4.4 การประเมินความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เรียนโดย ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ ในชีวิตจริง นำเสนอโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจ 189
ข.1 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 265
ข.2 การการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 269

ตารางที่ **หน้า**

ข.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 271
ข.4 ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 273
ข.5 ค่าความยากง่าย ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 274
ข.6 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 275
ข.7 ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 276
ข.8 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 279
ข.9 ผลการเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 279
ข.10 ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้สถิติแบบ t-test One Group 279
ข.11 คะแนนแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย 281

ตารางที่ **หน้า**

ข.12 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 รายบุคคล 284
ข.13 สรุประดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11..... 286
ข.14 คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS รายบุคคล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการทำแบบทดสอบแบบอัตนัย 288

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แผนภาพขั้นตอนการสอนของวิธีการแบบเปิดตามแนวคิดของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554) 24

2.2 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 58

2.3 ลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ตามแนวคิดของ Maslow (1943), ปรับปรุงจาก Maslow (1943), "A Theory of Human Motivation" 76

2.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย 134

3.1 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 137

4.1 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ A ไปถึง P การวิเคราะห์คำนวณหาค่าตัวแปลที่ยังไม่ทราบค่า 174

4.2 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ AP ไปถึง O การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นจากสิ่งที่แตกต่างกันทั้งหมด 175

4.3 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APO ไปถึง S การเรียงสับเปลี่ยนแบบวงกลมที่มีความซับซ้อนขึ้น 176

4.4 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APOS การสร้างสถานการณ์ปัญหาจากสิ่งที่กำหนดและแก้ปัญหาโดยใช้หลักการนับที่เรียนมา 177

4.5 คะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 180

4.6 คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 180

ภาพที่ **หน้า**

4.7 คะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 181
4.8 คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 181
4.9 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน-หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 182
4.10 ผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน-หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 182
4.11 งานเขียนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 185
4.12 งานเขียนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 185
4.13 งานเขียนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 186
4.14 งานเขียนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 187
4.15 งานเขียนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS 187

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในประเทศไทยยังคงเน้นการเรียนรู้ผ่านหนังสือเรียน โดยมีครูเป็นผู้ถ่ายทอดเนื้อหาผ่านการอธิบายทฤษฎี กฎ สูตร และการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยยกตัวอย่างให้นักเรียนศึกษา ส่งผลให้นักเรียนขาดทักษะที่สำคัญหลายด้าน โดยเฉพาะทักษะกระบวนการเรียนรู้ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการบูรณาการความรู้เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตจริง เนื้อหาหลักการนับและความน่าจะเป็นเป็นหนึ่งในหัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริงอย่างชัดเจน แต่แนวทางการสอนที่เน้นท่องจำมากกว่าการทำความเข้าใจ ทำให้การเรียนรู้เนื้อหานี้ขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ธรรมชาติของการเรียนรู้ของบุคคลชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เนื่องจากการเรียนคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงการจดจำสูตรหรือทำแบบฝึกหัด แต่ต้องเป็นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งในโลกปัจจุบัน เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักการทางคณิตศาสตร์อย่างถ่องแท้ พวกเขาจะสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย และบรรลุเป้าหมายทางการศึกษาและชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อทุกคน ไม่ว่าจะเป็นนักเรียน นักศึกษาหรือผู้ประกอบอาชีพในสาขาต่าง ๆ เนื่องจากสามารถช่วยให้เกิดการวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ไม่ว่าจะเป็นด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม หรือแม้แต่ศิลปะ กรอบทฤษฎี APOS อธิบายว่า การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากสิ่งที่ง่าย และค่อย ๆ สะสมองค์ความรู้จนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นอย่างเป็นลำดับ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ ดังที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งกำหนดให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น รวมถึงสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 56-63) นอกจากนี้ National Council of Teacher Mathematics [NCTM] (2000, น. 20-21) ยังสนับสนุนให้ผู้เรียนได้รับการสอนที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้สิ่งทีจำเป็นอย่างหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจให้นักเรียนคือสภาพแวดล้อมที่ดี สิ่งที่ช่วยกระตุ้นความสนใจในกระบวนการการเรียนรู้อันเป็นสิ่งสำคัญที่

จะช่วยพัฒนาจุดด้อยในการเรียนคณิตศาสตร์ของไทย โดยธรรมชาติของการเรียนรู้ของบุคคลจะสามารถเรียนรู้และพัฒนาองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง หากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและเอื้อต่อการเรียนรู้

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้าง พิสูจน์ และค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เชิงลึกและการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ระดับที่สูงขึ้น การมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ อัมพร ม้าคนอง (2547, น. 29) เน้นว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการท่องจำข้อเท็จจริงหรือขั้นตอนวิธีการโดยปราศจากความเข้าใจอาจเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำความรู้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น ไพทูล นารคร (2549, น. 93-102) ชี้ให้เห็นว่า หากนักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้ พวกเขาจะสามารถใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล Skemp (1976, pp. 20-26) และ NCTM (2000, pp. 20-21) ต่างก็สนับสนุนหลักการที่ว่า นักเรียนต้องเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ด้วยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีแนวทางสำคัญของการเรียนในรูปแบบที่หลากหลาย Shurkry (2003, อ้างถึงใน วัชราภรณ์ ปราณีธรรม, 2549, น. 4) กล่าวว่าการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ดีกว่าการท่องจำแบบผิวเผิน ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แตกต่างจากการเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote Learning) เพราะต้องอาศัยการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์และการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจึงต้องคำนึงถึงกระบวนการเรียนรู้ภายในของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้พวกเขาสามารถคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ สร้างสรรค์และบูรณาการความรู้ที่ได้รับเข้ากับการดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสมและมีความสุข ตามหลักการของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง โดยอาศัยการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับสิ่งใหม่ที่พบเห็น นำมาสร้างเป็นโครงสร้างความรู้ใหม่ที่มีความหมายทางปัญญา (Hiebert and Carpenter, 1992, p. 1) ดังนั้น การสอนคณิตศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นไปที่การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหา เพื่อให้พวกเขาสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างแท้จริงและยั่งยืน

การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามทฤษฎี APOS ทฤษฎี APOS ของ Dubinsky และ McDonald (2001, pp. 239-252) อธิบายว่าผู้เรียนเริ่มต้นจากการเรียนรู้สิ่งที่ง่ายและค่อย ๆ สะสมองค์ความรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจให้ลึกซึ้งขึ้นตามลำดับขั้นตอน แนวคิดนี้ได้รับการยอมรับจากสมาคมคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM) ว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ โดยแสดงความต่อเนื่องแบบไดนามิกส์ รวมถึงแปลงเนื้อหานามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ การพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่องและเป็นระบบ ไม่หยุดนิ่ง และสามารถใช้เพื่อศึกษาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ทฤษฎี APOS อธิบายว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นกระบวนการเชิงเส้น แต่มีการย้อนกลับไปมาเพื่อสร้างความเข้าใจใหม่ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองและนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ระดับของความเข้าใจตามทฤษฎี APOS จำแนกระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับจัดการกระทำ (Action): ผู้เรียนตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก ปฏิบัติตามขั้นตอนการคิดคำนวณอย่างเป็นลำดับ 2) ระดับกระบวนการ (Process): ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจในระดับที่สูงขึ้น และสามารถสร้างมโนภาพทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่ต้องทำตามขั้นตอนอย่างเป็นลำดับเสมอไป 3) ระดับวัตถุ (Object): เป็นการเชื่อมโยงความเข้าใจจากหลายกระบวนการให้เป็นโครงสร้างเดียวกัน 4) ระดับโครงสร้าง (Schema): เป็นระดับที่สามารถนำไปใช้พัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) วิธีการแบบเปิดเป็นแนวทางที่ให้นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย โดยไม่ได้จำกัดเพียงแนวทางเดียว ซึ่งช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง (Nodha, 2000) วิธีการนี้ส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์และสนับสนุนให้นักเรียนค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบเปิดประกอบด้วย 1) นำเสนอปัญหาปลายเปิด: ครูกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา 2) สืบสอบค้นหาวิธีการแก้ปัญหา: นักเรียนแสดงแนวคิดและอภิปรายแนวทางแก้ปัญหา 3) สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์: ครูช่วยเชื่อมโยงแนวคิดที่พบในชั้นเรียน 4) แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่: นักเรียนนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหาที่ใกล้เคียง วิธีการดังกล่าวควบคู่กับทฤษฎี APOS สามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ (Isoda, 2015, pp. 789-802; Takahashi, 2015, pp. 55-64) และส่งเสริมให้ครูพัฒนาแผนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการดำเนินการโดยครูผู้สอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนและช่วยผู้เรียนแต่ละคนพัฒนาตนเองด้วยตัวผู้เรียนด้วนตนเอง สร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับสื่อการสอนและเนื้อหาที่ครูสอน การนำแนวคิดเกี่ยวกบการสอนมาประยุกต์ใช้กับบทเรียนอื่น ๆ และทำให้ครูมีโอกาสในการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างรอบคอบและพัฒนาไปสู่ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรีย อาทิ การศึกษาการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (ทรายทอง พวกสันเทียะ, 2550, น. 12-24) จากงานวิจัยของ กฤษฎา ขุนอาจ (2560, น. 15) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจิณห์วรา พิมพ์แสง, พัชรินทร์ สะตะ (2565, น. 23) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์ไม่เกิน 10 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัย พบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์ไม่เกิน 10 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 3.07/82.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 2) ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์ไม่เกิน 10 มีค่าเท่ากับ 0.7128 โดยนักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 71.28 สูงกว่าเกณฑ์ของดัชนีประสิทธิผลที่กำหนด และ3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์ไม่เกิน 10 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01พบว่าการใช้วิธีการแบบเปิดสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมีความแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบเดิม ความแตกต่างนี้อยู่ที่วิธีการประยุกต์ใช้เนื้อหา Gravemejer (1997, pp. 330-331) and Meyer (2001, p. 239) อธิบายว่าแตกต่างกันในจุดเริ่มต้นของการเรียนการสอน ซึ่งวิธีการในรูปแบบเดิมมองว่าคณิตศาสตร์เป็นระบบที่ถูกสร้างขึ้นแล้ว และสามารถประยุกต์ใช้ได้ตามลักษณะทั่วไปของมโนทัศน์และขั้นตอนการทำงาน ในขณะที่การจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมจะเริ่มต้นจากการบรรยายเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เช่น ตัวแปร สมการ และการแก้สมการ ก่อนที่นักเรียนจะได้ฝึกทักษะจนชำนาญและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจริง ต่างจากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงที่เริ่มต้นจากบริบทใกล้ตัว และพัฒนาขึ้นไปสู่การใช้สัญลักษณ์ที่เป็นแบบแผน โดยนักเรียนจะได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่มีความหมายในขั้นตอนก่อนการสร้างความเป็นแบบแผน ซึ่งการศึกษาคณิตศาสตร์ในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนสามารถสำรวจและค้นพบคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นแบบแผนมากขึ้นอย่างเป็นระบบตามลำดับขั้นตอน แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการที่ระบุว่า ห้องเรียนที่มีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความหมายจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง (Schoenfeld, 2014, pp. 324-329) นอกจากนี้ The National Council of Teacher of Mathematics (2000) ยังเน้นย้ำว่าการเข้าถึงการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันไม่ได้หมายถึงการสอนแบบเดียวกันสำหรับทุกคน แต่หมายถึงการเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนเข้าถึงบทเรียนและประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ ตลอดจนถึงการนำคณิตศาสตร์ที่นักเรียนคุ้นเคยและมีประสบการณ์มาเชื่อมโยงกับทฤษฎีและทักษะทางคณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาความเข้าใจ

ของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้สอดคล้องกับแนวคิดของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ที่เริ่มต้นจากการนำสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์การเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้เข้าถึงบทเรียนคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันนั้น ไม่ได้หมายความว่าทุกคนต้องได้รับการสอนในรูปแบบเดียวกัน แต่หมายถึงการที่ทุกคนมีโอกาสในการเรียนรู้และประสบความสำเร็จในแบบที่เป็นของตนเอง โดยการใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกรอบคิดที่สำคัญของ Schoenfeld (2014, p. 23) ในการพัฒนาชั้นเรียนที่มีคุณภาพ เพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเข้าถึงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน และพัฒนาชั้นเรียนที่ทรงพลัง ซึ่งกรอบคิดที่ว่านี้ คือกรอบมิติด้านที่นักเรียนทุกคนสามารถเข้าถึงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ (Access to Mathematical Contents) หรือมีโอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเท่าเทียมส่วนบนของฟอร์มกล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเข้าถึงคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริงส่วนล่างของฟอร์ม

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตและทดลองสอนที่โรงเรียนสารคามพิทยาคาร จังหวัดมหาสารคาม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และจากประสบการณ์ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 พบว่าผลการเรียนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่ลดลง นั่นแสดงว่านักเรียนไม่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และไม่ชอบการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เป็นส่วนมาก ซึ่งในการเรียนเรื่องหลักการนับเบื้องต้น นักเรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่หลากหลายในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น การจัดเรียงสิ่งของที่แตกต่างกันโดยคำนึงถึงอันดับและไม่คำนึงถึงอันดับ การแสดงแผนภาพต้นไม้ที่มีความซับซ้อนซับซ้อน ทำให้เกิดข้อสงสัยและความสับสนในการคิด ส่งผลให้ไม่สามารถระบุแนวทางที่ถูกต้อง รวมถึงการหาจำนวนวิธีของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานของหลักการบวกและหลักการคูณที่เป็นหลักการพื้นฐานที่สำคัญของการเรียนเรื่องหลักการนับ และมีความยากลำบากในการแสดงแนวคิดและหาจำนวนวิธีที่เป็นไปได้ในสถานการณ์ต่างๆ เหล่านั้น นักเรียนยังมีความเข้าใจที่สับสนในการใช้หลักการคูณในการหาจำนวนวิธีความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องกัน พบว่าเมื่อเหตุการณ์นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละขั้นตอนซึ่งมีความสับสนกับการใช้หลักการบวกเมื่อเหตุการณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ ซึ่งทำให้เกิดความความเข้าใจที่คลุมเครือกับการหาจำนวนวิธีของเหตุการณ์ที่มีลักษณะเหมือนกันหรือทับซ้อนกัน อีกทั้งนักเรียนยังมีความไม่เข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของการเรียงสับเปลี่ยน โดยเฉพาะเมื่อจำนวนของรายการเพิ่มขึ้น ของสิ่งของที่แตกต่างกันหรือสิ่งที่เหมือนกัน โดยนักเรียนมีความเข้าใจที่สับสนระหว่างการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ ไม่สามารถแยกแยะได้ชัดเจนตามลักษณะหรือรูปแบบของสถานการณ์ว่าต้องใช้หลักการใดในการคำนวณ เพื่อแก้ไขปัญหา

การเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเสนอให้มีการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยการใช้เหตุผลจากความเข้าใจของนักเรียนเอง วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงยังช่วยในส่งเสริมแนวคิดที่หลากหลายทำให้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความน่าสนใจมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความสับสนในเนื้อหาและเพิ่มความมั่นใจให้กับนักเรียนเองในการเรียนคณิตศาสตร์อีกด้วย ซึ่งการนำเสนอวิธีการใหม่ ๆ ดังกล่าวอาจเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลดีต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่ส่งผลต่อการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ว่ามีตัวแปรใดที่จำแนกกลุ่มความเข้าใจคณิตศาสตร์ออกเป็นกลุ่มระดับความเข้าใจ A ระดับความเข้าใจ P ระดับความเข้าใจ O และระดับความเข้าใจ S เพื่อเป็นแนวทางในการจำแนกการระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เมื่อทราบว่านักเรียนคนใดอยู่ในกลุ่มระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ระดับความเข้าใจ A ระดับความเข้าใจ P ระดับความเข้าใจ O และระดับความเข้าใจ S และเมื่อทราบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการแบ่งกลุ่มระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนส่งเสริมสร้างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น และทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาที่มีความแตกต่างกันของแต่ละบุคคล และสามารถหาแนวทางการส่งเสริมระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และผลการวิจัยที่ได้จะทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงให้สูงขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

1.2.2 เพื่อศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนปกติ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 8 ห้องเรียน มีนักเรียนรวมทั้งหมด 319 คน ประกอบด้วย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/9 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 จำนวน 40 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน เพื่อศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม (ค32201) เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้แจ้งหรือกระทำในข้อความรู้นั้น ๆ ซึ่งนักเรียนตอบสนองหรือแสดงออกมาผ่านการลงมือแก้ปัญหา การแสดงแนวคิด การแสดงแทน และการให้เหตุผล รวมทั้งการอธิบายเป็นคำพูด ท่าทาง ข้อความ รูปภาพและสัญลักษณ์ต่างๆ ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงความรู้และสร้างความคิดรวบยอดหรือนิยามทางคณิตศาสตร์ที่มีความหมายต่อตนเองได้

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หมายถึง ระดับของความเข้าใจในแนวคิด หลักการ สัญลักษณ์ และกระบวนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับ ซึ่งระดับความเข้าใจตามแนวคิดของ Dubinsky and McDonald (2001) ที่ได้เสนอทฤษฎี APOS Theory ซึ่งจำแนกระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1) ระดับจัดการกระทำ (Action) ระดับที่ 2) ระดับกระบวนการ (Process) ระดับที่ 3) ระดับวัตถุ (Object) และระดับที่ 4) ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับที่ 1 ความเข้าใจระดับการจัดกระทำ (Action) หมายถึง ความรู้แจ้งหรือการกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไข คำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งจะต้องทำแต่ละขั้นตอนให้เสร็จก่อนที่จะทำขั้นตอนต่อไป

ระดับที่ 2 ความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process) หมายถึง ความรู้แจ้งหรือการกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถ พัฒนาความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และสามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้ ในทางตรงกันข้าม วิธีการจัดกระทำนั้นไม่จำเป็นต้องแสดงการกระทำในแต่ละขั้นตอนออกมา

ระดับที่ 3 ความเข้าใจในระดับวัตถุ (Object) หมายถึง ความรู้แจ้งหรือการกระทำที่เกิดจากการที่ความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันถูกนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้

ระดับที่ 4 ความเข้าใจในระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema) หมายถึง สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ หรือกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ความเข้าใจในระดับกระบวนการไปสร้างความคิดรวบยอด (Concept) ใหม่ได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแนวคิดหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ไม่ใช่ครูเป็นผู้แนะคำตอบ โดยใช้ยุทธวิธีที่นักเรียนนั้นมั่นใจ จากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นรูปแบบหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา โดยใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดเป็นหลัก และสอดแทรกแนวคิดทฤษฎี APOS ในแต่ละขั้นตอนของของการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยงสถานการณ์กับปัญหาที่พบเจอในชีวิตที่นำไปสู่คำตอบหรือแนวทางการแก้ปัญหานั้น ๆ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด

ขั้นตอนที่ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์นั้น ๆ

ขั้นที่ 2 สืบสอบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่นักเรียนแสดงแนวคิดเป็นกลุ่มย่อยหรือรายบุคคลจากการตอบคำถาม หรือเขียนบนกระดาน จากนั้นสรุปความเข้าใจลงในสมุดหรือใบกิจกรรม โดยครูกระตุ้นให้เกิดการอภิปราย หรือให้แนวคิดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

เป็นขั้นตอนที่ครูอธิบายหรือเขียนแสดงแนวทางการแก้ปัญหา และเชื่อมโยงแนวคิดทั้งหมดที่พบเจอในชั้นเรียนเพื่อนำไปสู่ ข้อสรุปเดียวกัน

ขั้นที่ 4 แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาใหม่

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่ใกล้เคียง หรือเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาเดิมด้วยตนเอง

สถานการณ์ในชีวิตจริง หมายถึง เหตุการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและพบเจอ หรือสถานการณ์สร้างขึ้นจากการได้เรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ภายใต้การแนะนำของครู โดยนำปัญหาหรือสถานการณ์ในโลกจริงมาเป็นจุดเริ่มต้นของ การเรียนรู้และการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นบริบทที่นักเรียนมีความผูกพัน คุ้นเคย และ สามารถเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้ดี และมีความหมายต่อนักเรียน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น ดังนั้นการเรียนคณิตศาสตร์จึงต้องเริ่มต้นจากบริบทชีวิตจริงที่มีความเหมาะสมและมีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่หลากหลายวิธี

แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง แนวทางการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เขียนไว้ล่วงหน้า ทำให้ผู้สอนมีความพร้อม และมั่นใจว่าจะสามารถสอนได้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ และดำเนินการสอนได้ราบรื่นตามวัตถุประสงค์

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ประสิทธิภาพกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด หรือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ประสิทธิภาพนั้นมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ E_1 เป็นตัวเลขแรก และ E_2 เป็นตัวเลขตัวหลัง ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ร้อยมากก็ถือว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพขึ้นตามเกณฑ์กำหนด 70/70

70 ตัวแรก (E_1) หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จากการคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนได้จากการทำแบบฝึกหัด และการประเมินผลใบกิจกรรมจากการปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ 70 จากคะแนนทั้งหมด

70 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากคะแนน คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบการเรียนรู้คณิตศาสตร์หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70 จากคะแนนทั้งหมด

เกณฑ์คะแนน 70 คะแนน หมายถึง ค่าคะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ ซึ่งในที่นี้กำหนดเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน โดยการเปรียบเทียบคะแนนวิเคราะห์ได้จากแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งวิเคราะห์จาก คะแนนสอบหลังเรียน แล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม ใช้สถิติ

เทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นเกณฑ์ในระดับดี ที่กำหนดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551 มีการวัดผลมีดังนี้

คะแนน 80-100 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ดีเยี่ยม
คะแนน 75-79 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ดีมาก
คะแนน 70-74 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ดี
คะแนน 65-69 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ค่อนข้างดี
คะแนน 60-64 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ น่าพอใจ
คะแนน 55-59 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ พอใช้
คะแนน 50-54 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
คะแนน 0-49 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับ ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

แบบทดสอบการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ชุดของข้อคำถาม เงื่อนไข ปัญหาสถานการณ์ เกี่ยวกับหลักการนับเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 โดยผู้ถูกทดสอบจะได้แสดงวิธีการการคิดเพื่อวัดความเข้าใจในเนื้อหา ซึ่งเป็นเครื่องมือ ที่ใช้ในการประเมิน เปรียบเทียบวัดผลเกี่ยวกับการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ และมีกฎเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งแบบทดสอบทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัยแบบกำหนดขอบเขตของคำตอบและมีเกณฑ์การให้ คะแนนโดยวิธีวิเคราะห์ย่อย จำนวน 10 ข้อ

ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง หมายถึง ระดับความรู้สึกนึกคิด หรือพฤติกรรมของนักเรียนในเชิงบวกของบุคคลที่เป็นผลจากการเปรียบเทียบต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่เห็น เข้าใจและได้สัมผัสจริง กับความคาดหวังของบุคคลดังนั้น โดยวัดได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนการประเมินค่า 5 ระดับ คือพึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด เพื่อให้ครูได้ข้อมูลในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นข้อสนเทศที่ช่วยให้ครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ และผู้เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1.6.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จะได้รับประโยชน์โดยตรง โดยได้รับการส่งเสริมและพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การนำไปใช้ และมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นซึ่งจะส่งผลดีต่อการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

1.6.2 ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สามารถนำไปพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

1.6.3 ครูผู้สอนสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนให้สูงขึ้น

1.6.4 โรงเรียนและสถานศึกษาจะได้รับประโยชน์จากการมีแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม

1.6.5 ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาด้านอื่น ๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยพิจารณาลักษณะผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล

1.6.6 ผู้บริหาร และผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถส่งเสริมให้ผู้สอน สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้แพร่หลายมากขึ้น เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของประเทศ

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)
3. ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์
4. ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS
5. สถานการณ์ในชีวิตจริง
6. ความพึงพอใจ
7. แนวคิดและความเป็นมาของการวัดพัฒนาการ
8. สถิติทดสอบที
9. เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ
10. แบบทดสอบ
11. ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
13. กรอบแนวคิดงานวิจัย

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้กล่าวถึงรายละเอียดของหลักสูตรตามหัวข้อต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1-5)

2.1.1 ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียน มีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทัน การเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้ งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมที่จะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

2.1.2 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จัดเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น

2.1.2.1 จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.1.2.2 การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.1.2.3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูลการคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้นความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

2.1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

เป้าหมายของการพัฒนาผู้เรียนในคณิตศาสตร์เพิ่มเติม มี ๒ ลักษณะ คือ เชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้ในคณิตศาสตร์พื้นฐาน เพื่อให้เกิดการต่อยอดองค์ความรู้และเรียนรู้สาระนั้นอย่างลึกซึ้ง ได้แก่ สำระจำนวนและพีชคณิต และสาระสถิติและความน่าจะเป็น

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค. 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค. 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค. 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค. 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

มาตรฐาน ค. 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่าง รูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำ ไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค. 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค. 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

2.1.4 คุณภาพของผู้เรียน

ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อเรียนครบทุกผลการเรียนรู้ มีคุณภาพดังนี้

2.1.4.1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซต ในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้น ในการสื่อสาร สื่อความหมาย และอ้างเหตุผล

2.1.4.2 เข้าใจและใช้สมบัติของจำนวนจริงและพหุนาม เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชัน ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ

2.1.4.3. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเมทริกซ์ เข้าใจและใช้สมบัติของจำนวนเชิงซ้อน นำความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในสามมิติไปใช้

2.1.4.4 เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้น การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหาและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้ หาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดจากตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูป การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปกติ และนำไปใช้

2.1.4.5 นำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม แคลคูลัสเบื้องต้นไปใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน

2.1.4.6 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ

2.1.5 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ความสามารถ ดังนี้

2.1.5.1 การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.5.2 การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูปภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

2.1.5.3 การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

2.1.5.4 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

2.1.5.5 การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

2.1.6 คำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 รวมระยะเวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต ศึกษา ค้นคว้า ฝึกทักษะ/กระบวนการเกี่ยวกับเรื่องดังต่อไปนี้

คณิตศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระจำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็น รวมทั้งสาระแคลคูลัส ให้มีความลุ่มลึกขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อ

ในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้จัดทำขึ้นให้มีเนื้อหาสาระที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ดังนี้ การแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ การวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้สมการ อสมการ และเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์ หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้ ฟังก์ชันตรีโกณมิติและลักษณะกราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเรขาคณิตวิเคราะห์และนำไปใช้ เวกเตอร์ การดำเนินการของเวกเตอร์ และนำไปใช้ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็นและนำไปใช้ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน อนุพันธ์ของฟังก์ชัน และปริพันธ์ของฟังก์ชัน และนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)
1	จำนวนเชิงซ้อน	ค1.1 ม.5/1 ม.5/2	ใช้จำนวนเชิงซ้อนและสมบัติของจำนวนเชิงซ้อนในการแก้ปัญหา หารากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อน เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1	14
2	เวกเตอร์ในสามมิติ	ค2.2 ม.5/3	ใช้เวกเตอร์ในการคำนวณและการแก้ปัญหาในสองมิติและสามมิติ	13
ทดสอบกลางภาค				3
1	หลักการนับเบื้องต้น	ค3.2 ม.5/1	ใช้หลักการบวกและการคูณการเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา	14
2	ความน่าจะเป็น	ค3.2 ม.5/2	หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้	13
ทดสอบปลายภาค				3
รวม				60

จากตารางที่ 2.1 พบว่า โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.5 หน่วยกิต ประกอบด้วย 2 หน่วยการเรียนรู้ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำนวนเชิงซ้อน จำนวน 27 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการนับและความน่าจะเป็น จำนวน 27 ชั่วโมง รวมถึงการทดสอบกลางภาคและการทดสอบปลายภาค จำนวน 6 ชั่วโมง ชั่วโมงรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 60 ชั่วโมง ตลอดภาคการเรียนที่ 2

สรุปได้ว่า หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ข้างต้นประกอบด้วย ความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์ สาระคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพของผู้เรียน และโครงสร้างเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เป็นกรอบและทิศทางในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคม ทั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึง เรื่อง หลักการนับ ซึ่งอยู่ในสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูลการคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับและความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ แล้วนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้พัฒนาความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำเรื่อง หลักการนับ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อเป็นการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้น รวมถึงพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพด้านความรู้ ความสามารถ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมต่อไป

2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีแบบเปิด (Open Approach)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดย วิธีแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางการสอนที่มีรากฐานมาจากแนวคิดของการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยนักวิจัยและนักการศึกษาในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นและไทย “การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีแบบเปิด” นั้นเน้นไปที่การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาโดยอิสระ ค้นหาความรู้และประสบการณ์จากการลงมือทำจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างอิสระ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนร่วมชั้น (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547, น.9)

2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach)

นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงและให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีแนวคิดหลักคือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาหรือค้นพบความรู้ด้วยตนเองโดยไม่จำกัดคำตอบหรือวิธีแก้ไขเพียงแนวทางเดียว ตัวอย่างของนักวิจัยที่มีการกล่าวถึงแนวคิดนี้

Nohda (2000, p. 49) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมุ่งเน้นให้กิจกรรมของนักเรียนและกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มศักยภาพ นักเรียนแต่ละคนควรได้รับอิสระในการพัฒนาความสามารถของตนเองในการแก้ปัญหาตามความสนใจและศักยภาพของตน สิ่งสำคัญคือ ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนเอง โดยการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และนำไปสู่การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

Shimizu (1999, p. 2) กล่าวว่าการสอนแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกผ่าน การคิดวิเคราะห์ และการอธิบายเหตุผลของตนเอง การใช้ปัญหาแบบเปิดช่วยส่งเสริม กระบวนการคิดที่มีโครงสร้าง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์

Tejima (1997, pp. 3-4) ระบุว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended Problems) เป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลาย โดยไม่พิจารณาเพียงแค่ความถูกต้องของคำตอบเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงเหตุผลและความสมเหตุสมผลของคำตอบอีกด้วย การจัดกิจกรรมในลักษณะนี้ช่วยตอบสนองต่อความคิดที่หลากหลายของนักเรียน และสามารถบูรณาการเนื้อหาหลายๆ เรื่องเข้าไว้ด้วยกันในกิจกรรมเดียว สื่อการสอนที่ใช้ในกระบวนการนี้จะช่วยดึงเอากระบวนการคิดของนักเรียนออกมาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์แนวทางการคิดและส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Becker and Shimada (1997, p. 6) ได้กล่าวถึงแนวคิดของการใช้ปัญหาแบบเปิด (Open-ended Problems) ว่าเป็นแนวทางสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียน สร้างองค์ความรู้ใหม่ ด้วยตนเอง ได้ย้ำว่า "การใช้ปัญหาแบบเปิดทำให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์และสามารถขยายความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในเชิงลึกได้"

Takahashi (2004, pp. 12–13) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาปลายเปิดว่า เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมความสนใจและกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน การแก้ปัญหาปลายเปิดได้รับการพัฒนาในประเทศญี่ปุ่นเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมและการทำงานร่วมกัน แนวทางการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิดมุ่งเน้นที่กระบวนการแก้ปัญหามากกว่าผลลัพธ์หรือคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว Takahashi ได้แบ่งลักษณะ

ของปัญหาปลายเปิดออกเป็นสองประเภท ได้แก่ (1) ปัญหาที่มีคำตอบเดียวแต่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี และ (2) ปัญหาที่สามารถมีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายคำตอบ

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547, น. 9) ได้นำแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิดมาประยุกต์ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างอิสระอธิบายว่าวิธีการสอนแบบเปิดเป็นแนวทางที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงในทุกขั้นตอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิธีการสอนนี้ช่วยพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียน และส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างลึกซึ้งและเป็นระบบ

กฤษณัย สุวรรณ์ และคณะ (2559, น. 13) อธิบายว่าวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางการสอนที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกใช้แนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสื่อสำคัญที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจ ทักษะการคิด และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน การสอนด้วยวิธีนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของตนเองตามความสามารถของแต่ละบุคคล

วิจารณ์ พานิช (2557, น. 11-12) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) เป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยแนวทางที่หลากหลาย และพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ กระบวนการเรียนรู้นี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนยกระดับความรู้ผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการเรียนรู้ร่วมกัน ส่งผลให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ในระดับสูง และนำไปสู่การเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) ซึ่งช่วยเสริมสร้างอุปนิสัยและความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

พิมพ์พันธุ์ ปันแสน (2556, น. 8) อธิบายว่าวิธีการแบบเปิดเป็นแนวทางการสอนที่เน้นให้เกิดการคิดควบคู่ไปกับกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและแสดงออกทางความคิดได้อย่างอิสระ รวมถึงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนร่วมชั้น

สรุปได้ว่า วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางที่เน้นให้นักเรียนมีอิสระในการคิดและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีประสบการณ์หลากหลายกับปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะหลาย ๆ โดยมุ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การให้เหตุผล และการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและศักยภาพของผู้เรียนอย่างเต็มที่

2.2.2 องค์ประกอบสำคัญการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นวิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ค้นหาความรู้และคำตอบจากประสบการณ์และข้อมูลต่าง ๆ องค์ประกอบ

สำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด มีดังนี้ 1) เป้าหมายการเรียนรู้ การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน ครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติ มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงในชีวิต 2) เนื้อหาการเรียนรู้ควรมีความยืดหยุ่น เปิดกว้าง ไม่จำกัดเฉพาะในตำราเรียน ครูสามารถนำเสนอผ่านสื่อการสอนที่หลากหลาย 3) กิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วม ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และตัดสินใจ กิจกรรมควรหลากหลาย กระตุ้นความสนใจ ท้าทายความคิด 4) บทบาทของครู ซึ่งครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้นำ สนับสนุน กระตุ้นความคิด ไม่ใช่ผู้สอนที่คอยบอกความรู้ ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด ค้นหา และเรียนรู้ด้วยตนเอง 5) การวัดผลและประเมินผลควรเน้นกระบวนการเรียนรู้ ความคิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา มากกว่าการวัดผลจากคะแนนสอบ 6) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ควรเอื้อต่อการเรียนรู้ ปลอดภัย สะดวกสบาย เปิดกว้าง นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา

2.2.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

Merliss and Daniel (2003, pp. 30-31) อธิบายว่า ปัญหาปลายเปิด เป็นปัญหาที่สามารถมีวิธีการแก้ไขได้หลากหลายและนำไปสู่คำตอบที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และพัฒนาทักษะการคิด โดยแนวทางในการแก้ปัญหาปลายเปิดแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อให้ได้คำตอบเพียงหนึ่งเดียว 2) การแก้ปัญหาด้วยหลายแนวทางและได้คำตอบหลายแบบ 3) การกำหนดปัญหาใหม่เพื่อขยายแนวคิดไปสู่การแก้ปัญหาหลายรูปแบบ

Becker และ Shimada (1997, p. 33) เปรียบเทียบระหว่าง ปัญหาปลายปิด ซึ่งมีคำตอบที่แน่นอนเพียงคำตอบเดียว กับ ปัญหาปลายเปิด ที่สามารถมีคำตอบได้หลายแบบ โดยแบ่งปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) กระบวนการแบบเปิด นั่นคือ แม้ได้คำตอบเดียวแต่สามารถใช้หลายวิธีแก้ 2) ผลลัพธ์แบบเปิด นั่นคือ สามารถมีคำตอบที่แตกต่างกันได้หลายคำตอบ 3) แนวทางการพัฒนาแบบเปิด นั่นคือ การเปลี่ยนเงื่อนไขของปัญหาเดิมให้เป็นปัญหาใหม่

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547, อ้างอิงใน อรสุธี คงมา, 2553, น. 35) เสนอแนวคิดเดียวกัน โดยเน้นว่าปัญหาปลายเปิดช่วยให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความสามารถและความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ซึ่งยังสามารถพัฒนาไปสู่การตั้งปัญหาใหม่ได้ผ่านกระบวนการ “จากปัญหาสู่ปัญหาเปิด”

สรุปได้ว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่สามารถมีวิธีการแก้ไขหลากหลายและนำไปสู่คำตอบที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียน โดยแบ่งแนวทางในการแก้ปัญหาปลายเปิดออกเป็นหลายรูปแบบ เช่น การใช้หลายวิธีแก้ไขเพื่อคำตอบเดียวหรือการแก้ปัญหาด้วยหลายแนวทางที่ให้คำตอบหลายแบบ รวมถึงการกำหนดปัญหาใหม่เพื่อขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาหลายรูปแบบ ปัญหาปลายเปิดจึงช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และสามารถพัฒนาไปสู่การตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นได้.

2.2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีแนวคิดหลักคือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาหรือค้นพบความรู้ด้วยตนเองโดยไม่จำกัดคำตอบหรือวิธีแก้ไขเพียงแนวทางเดียว ดังแนวคิดต่อไปนี้

Nohda (2000, pp. 49-51) วิธีการนำเสนอปัญหา ปลายเปิดมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดปัญหา ครูเสนอปัญหาที่เปิดให้มีหลายวิธีการแก้ไข โดยไม่ให้คำตอบที่ตายตัว ซึ่งครูไม่ได้บอกวิธีของการแก้ปัญหา แต่จะให้นักเรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหา อาจจะมาอยู่ในรูปของการเล่นเกมที่สามารถหาคำตอบได้ทันทีขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ครูต้องการ

2. แก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการหาวิธีการที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยนักเรียนเสนอวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา และครูจะได้นักเรียนแต่ละคนได้เสนอแนวคิดได้การแก้ปัญหาอย่างหลากหลายโดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของ นักเรียน และความสามารถของนักเรียนเอง โดยที่ครูจะคอยกระตุ้นให้นักเรียนลองอภิปรายวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำมาเชื่อมเข้าด้วยกัน

3. ขยายปัญหา เป็นการตีความ ระบุปัญหาเดิมที่มีอยู่แล้วให้เป็นปัญหาใหม่ หรือสถานการณ์ใหม่ ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะพบว่าเป็นปัญหาที่เป็นผลลัพธ์เปิด เพื่อให้นักเรียนได้มีวิธีการที่หลากหลาย ได้การหาคำตอบที่เป็นปัญหาใหม่ ๆ

Inprasitha (2010, pp. 13-15) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง วิธีการสอนที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความเข้าใจของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด (Posing Open-ended Problems) ครูนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดหน้าชั้นเรียน ที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีให้นักเรียนแก้ไขร่วมกัน

2. การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Student's Self-Learning) นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเองหรือในกลุ่ม โดยครูไม่เข้าไปแทรกแซง แต่มีหน้าที่สังเกตแนวคิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

3. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดเพื่อให้เพื่อนร่วมอภิปรายและเปรียบเทียบจากแนวคิดทั่ว ๆ ไปที่นักเรียนส่วนใหญ่คิดได้ไปสู่แนวคิดที่มีความแตกต่างหรือซับซ้อนมากขึ้น และครูใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนเช่น “อะไร” “อย่างไร” และ “ทำไม” เพื่อให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและยืนยันความเข้าใจของตนเอง

4. สรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Summarization and Application) ครูและนักเรียนร่วมสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียน

ยุพาพักตร์ สะเดา (2555, น. 16) กล่าวว่าโดยการสอนแบบวิธีการเรียนแบบเปิด (Open Approach) นั้นมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นนำเสนอปัญหาต่อชั้นเรียน โดยเน้นวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีลักษณะของการเปิด 3 ลักษณะคือ 1) กระบวนการเปิด (แนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องนั้นมีหลายแนวทาง) 2) ผลลัพธ์เปิด (คำตอบถูกต้องหลายคำตอบ) 3) แนวทางการพัฒนาเปิด (สามารถพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ได้) เมื่อได้สถานการณ์ปัญหาแล้วครูใช้ใบกิจกรรมให้นักเรียนทำในห้องเรียนโดยทำเป็นกลุ่ม ๆ 3–5 คน

ขั้นลงมือทำกิจกรรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง (การนำเสนอแผนการสอนไปใช้) (Research) เมื่อได้ใบกิจกรรมนักเรียนในกลุ่มก็จะช่วยกันคิดหาวิธีของแต่ละคนเสร็จแล้วก็จะคุยกันในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปและเหตุผลที่ได้คำตอบมาอย่างนี้เพราะอะไรมีวิธีการอย่างไรเสร็จแล้วก็จะนำเสนอหน้าชั้นให้เพื่อนรับทราบถึงแนวความคิดของกลุ่ม

ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน (สะท้อนผลการอภิปรายเกี่ยวกับการสอน Lesson Discussion) เมื่อนักเรียนได้คำตอบพร้อมกับเหตุผลแนวคิดและวิธีหาคำตอบก็จะนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อให้เพื่อนได้รับทราบถึงวิธีการคิดของนักเรียนหลังจากนั้นครูร่วมอภิปรายเพื่อพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (การสรุปผลการเรียนรู้) (Consolidation of Learning) ขั้นสุดท้ายของกิจกรรมที่ครูและนักเรียนเรียนรู้ร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปของบทเรียนที่มีความเหมือนและแตกต่างในการหาคำตอบของแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะสรุปเป็นแนวคิดร่วมกัน

วนัชญา เชิงดี (2555, น. 18) ได้เสนอแนวทางเพิ่มเติมสำหรับการจัดการเรียนรู้ในวิธีการแบบเปิด โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ในขั้นตอนนี้ ครูจะนำเสนอปัญหาปลายเปิดซึ่งครูต้องถามเกี่ยวกับทฤษฎีและสูตรต่างๆ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับทฤษฎีและสูตรเหล่านั้น ครูควรช่วยให้นักเรียนเข้าใจประเด็นปัญหาในทิศทางเดียวกัน และให้ตัวอย่างที่จำกัดแนวคิดของนักเรียน

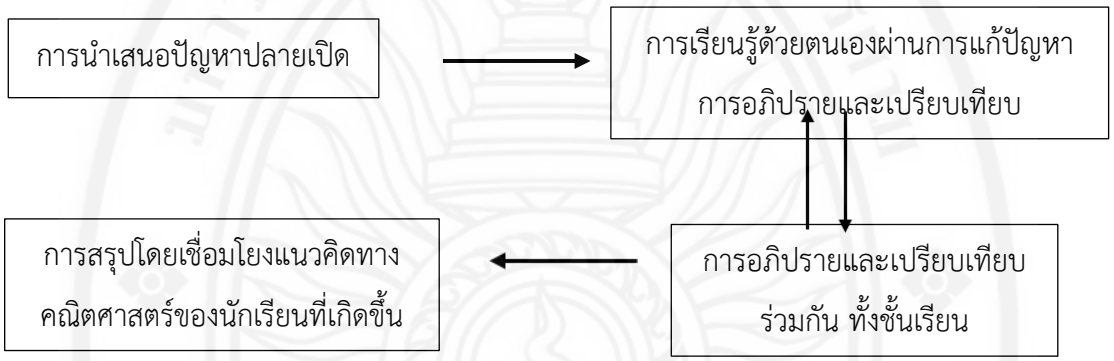
ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง ในขั้นนี้ ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเอง เพราะปัญหาปลายเปิดเป็นการฝึกการคิดทางคณิตศาสตร์ ครูควรช่วยปรับเปลี่ยนความคิดของนักเรียนให้เข้ากัน เพราะความคิดของแต่ละคนมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจ

ขั้นที่ 3 ช่วงอภิปรายบทเรียน หลังจากที่นักเรียนได้แก้ไขปัญหากันแล้ว นักเรียนต้องบันทึกคำตอบลงในใบงานหรือหนังสือเรียนที่กำหนด ในขั้นตอนนี้ ครูสามารถประเมินนักเรียนทั้ง

รายบุคคลหรือรายกลุ่ม และสามารถทราบได้ว่านักเรียนคนใดยังไม่เข้าใจ และควรให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

ขั้นที่ 4 สรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนสุดท้ายนี้ นักเรียนจะต้องนำเสนอแนวคิดของตนเองและเปรียบเทียบกับเพื่อนว่าแนวคิดของตนมีความเหมือนหรือแตกต่างจากเพื่อนอย่างไร ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนให้เหตุผลว่าแนวคิดของตนสอดคล้องกับปัญหาหรือแนวคิดของเพื่อนอย่างไร นักเรียนควรเตรียมการมาเพื่อการนำเสนอและอภิปรายร่วมกับเพื่อนๆ

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554, น. 20-25) ได้กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดมีลักษณะการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมและอภิปรายแนวคิดร่วมกันผ่านกระบวนการต่างๆ โดยใช้กิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจปัญหามากขึ้น ขั้นตอนการสอนของวิธีการแบบเปิดมีแนวคิดดังนี้



ภาพที่ 2.1 แผนภาพขั้นตอนการสอนของวิธีการแบบเปิดตามแนวคิดของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554)

การสอนด้วยวิธีการแบบเปิดประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ในขั้นตอนนี้ ครูจะนำเสนอปัญหาปลายเปิด โดยคำถามที่ครูมักจะถามคือ “ข้อนี้คิดอย่างไร? ใช้สูตรไหน? ทฤษฎีข้อนี้คืออะไร?” คำถามเหล่านี้อาจทำให้เกิดความไม่ตอบสนองจากนักเรียน เนื่องจากนักเรียนอาจยังไม่คุ้นเคยกับทฤษฎีหรือสูตรต่าง ๆ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนสนใจประเด็นที่นำเสนอ โดยเน้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนผ่านการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย โดยให้ตัวอย่างที่ไม่จำกัดวิธีและสร้างสื่อการเรียนการสอนที่เข้าใจง่าย

ขั้นตอนที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนผ่านการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้มีโอกาสแสดงความคิดของตนเองในการแก้ปัญหา เนื่องจากวิธีการแบบเปิดให้น้ำหนักกับความคิดที่เป็นรายบุคคลของนักเรียน ซึ่งคาดหวังให้เกิดแนวคิดที่หลากหลาย โดยครูจะสนับสนุนให้ทุกคนคิดและแสดงแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน หลังจากการเรียนรู้ด้วยตนเองแล้ว นักเรียนจะต้องบันทึกแนวคิดของตนเองลงในใบงานหรือหนังสือเรียน ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้เป็นระบบและสะดวกมากขึ้น ครูควรเดินรอบห้องเพื่อดูว่านักเรียนคนไหนยังไม่เข้าใจปัญหาหรือไม่สามารถคิดแนวทางการแก้ปัญหาได้ และควรกระตุ้นความคิดหรือยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น โดยจะมีการอภิปรายและเปรียบเทียบความคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียนเพื่อขยายความเข้าใจ

ขั้นตอนที่ 4 สรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนสุดท้าย ครูจะต้องสรุปแนวคิดที่เกิดขึ้นจากการอภิปราย โดยสามารถบันทึกแนวคิดของนักเรียนลงบนกระดานให้ทุกคนมองเห็นได้ชัดเจน หรือแสดงข้อเสนอที่คล้ายกัน นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้พิจารณาว่าแนวคิดของตนเองสอดคล้องกับปัญหาหรือกับเพื่อนอย่างไร และสามารถนำมาบูรณาการได้หรือไม่ นอกจากนี้ ครูควรเคารพในความคิดของนักเรียนทุกคน และช่วยปรับแก้ความคิดให้สอดคล้องกับแนวคิดของเพื่อนในห้องเรียน

สรุปได้ว่า วิธีการเรียนแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีขั้นตอนหลักในการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้ ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด ครูจะนำเสนอปัญหาที่เปิดให้มีหลายวิธีในการแก้ไข โดยไม่มีกำหนดคำตอบที่แน่นอน นักเรียนสามารถเสนอวิธีการของตนเองในการแก้ปัญหาได้ ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือทำงานเป็นกลุ่ม โดยครูจะคอยสังเกตและช่วยสนับสนุนการคิดของนักเรียน ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน นักเรียนจะนำเสนอผลลัพธ์และแนวคิดของตนเองเพื่อนำมาประกอบและเปรียบเทียบกับเพื่อน ๆ เพื่อค้นหาวิธีการใหม่ ๆ ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาใหม่ ครูและนักเรียนร่วมสรุปบทเรียนโดยการเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาใหม่ ๆ ที่น่าสนใจต่อไป

2.2.5 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) เพื่อใช้ในการจัดทำวิจัยในครั้งนี้ นักวิจัยหลาย ๆ ท่าน อาทิเช่น Becker & Shimada (1997), Nohda (2000), Inprasitha (2010), ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554), ยุพาพักตร์ สะเดา(2555) และวนัชญา เชิงดี (2555) และผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

Becker & Shimada (1997)	Nohda (2000)	Inprasitha (2010)	ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554)	ยุพาพักตร์ สะเดา (2555)	วนัชญา เชิงดี (2555)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
นำเสนอปัญหา	กำหนดปัญหา	นำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	การนำเสนอปัญหาปลายเปิด	ขั้นนำเสนอปัญหาต่อชั้นเรียน	การนำเสนอปัญหาปลายเปิด	นำเสนอปัญหาปลายเปิด
จัดการสอน	แก้ปัญหา	การเรียนรู้ด้วยตนเอง	การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนผ่านการแก้ปัญหา	ขั้นลงมือทำกิจกรรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง	การเรียนรู้ด้วยตนเอง	สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง
บันทึกคำตอบของนักเรียน	ขยายปัญหา	อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน	อภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน	ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน	ช่วงอภิปรายบทเรียน	อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน
สรุปการเรียนรู้ของนักเรียน	-	สรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์	สรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้น	ขั้นสรุปบทเรียนเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน	สรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์	สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาใหม่

จากตารางที่ 2.2 กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางการสอนที่มีโครงสร้างชัดเจน และส่งเสริมให้นักเรียน พัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์และการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

ในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยลำดับขั้นของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมี 4 ขั้นตอนหลัก พร้อมทั้งเปรียบเทียบแนวคิดจากแหล่งอ้างอิงที่แตกต่างกัน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด เป็นขั้นตอนที่ครูตั้งปัญหาที่มีความหมายและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนต้องเผชิญกับโจทย์และพิจารณาหลายแนวทางในการแก้ปัญหา คำตอบมีได้หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง การที่นักเรียนสำรวจและพยายามใช้ความรู้ของตนเองในการแก้ปัญหา และเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดค้นแนวทางของตนเอง โดยยังไม่ต้องได้รับคำตอบที่ถูกต้องทันที

ขั้นตอนที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน โดยที่นักเรียนเปรียบเทียบแนวทางของตนเองกับของเพื่อน เพื่อพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาใหม่ ครูช่วยชี้นำให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดใหม่กับความรู้เดิม นักเรียนสรุปแนวทางแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่น ๆ

2.2.6 บทบาทสำคัญของครูในการจัดกระบวนการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของครูในการจัดกระบวนการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ดังแนวคิดต่อไปนี้

Shimizu (1999, pp. 21-22) ได้อธิบายบทบาทของครูในชั้นเรียนที่สอนด้วยวิธีการแบบเปิดว่า ครูควรมีวิธีการปฏิบัติในการสอนที่แสดงออกผ่านลีลาการสอน การมีปฏิสัมพันธ์ต่อนักเรียน การใช้สื่อการสอน และการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547, น. 19) ได้เป็นผู้นำแนวคิดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดมาเผยแพร่ในประเทศไทย โดยเน้นว่าครูควรมีบทบาทในการสนับสนุนให้นักเรียนได้คิดและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการแก้ปัญหาที่มีหลายวิธีการและคำตอบ โดยนำแนวคิดมาประยุกต์ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างอิสระ

วิจารณ์ พานิช (2557, น. 20) กล่าวว่าบทบาทสำคัญของครูในการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ Open Approach มีดังนี้

1. เปิดประตูผู้เรียนสู่การเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยตัวผู้เรียนเอง

2. ส่งเสริมดูแลเอาใจใส่ให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาและ/หรือสร้างสรรค์ ภายใต้เงื่อนไขของโจทย์อย่างทั่วถึงและต่อเนื่องโดยการหล่อเลี้ยงแรงขับจับประเด็นตั้งคำถามเพิ่มลดหรือปรับประสบการณ์สนับสนุนอำนวยความสะดวกดูแลความเรียบร้อย แนะนำ ช่วยเพิ่มลดหรือปรับทรัพยากรฯลฯเพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ความสามารถ ที่สะสมอยู่ออกมาใช้ให้มากที่สุดจนเกิดการสร้างความรู้ความสามารถชุดใหม่ขึ้น (Constructionism) จากการลองผิดลองถูกเปลี่ยนมุมมองและหาทางให้ถึงที่สุดด้วยตนเอง (Heuristics) และพร้อมๆกันนั้นครูยังช่วยจัดวางวิธีบันทึกความคิดความรู้สึก ความเข้าใจ บันทึกวิธีการบันทึกผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กับวิธีการช่วยตั้งคำถามช่วยตั้งประเด็นให้ผู้เรียน สังเกตเห็นและประเมินวิธีสร้าง ความเข้าใจและวิธีทำของตนเองในการแก้ปัญหาหรือการ สร้างสรรค์นั้น ๆ (Metacognition)

3. ประเมินผู้เรียนในขณะเรียนรู้ โดยการมีสติตั้งใจฟังสังเกตและรู้สึก อย่างละเอียดอ่อนฉับไวและแม่นยำ เพื่อหยั่งให้ถึงภาวะการนำความรู้ความสามารถออกมาใช้ ภาวะการสร้างความรู้ความสามารถชุดใหม่แรงบันดาลใจวิถีการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ อาการเข้าใจ ขอบเขตและคุณภาพของความเข้าใจพลังความสามารถและ ข้อจำกัดของผู้เรียนแต่ละคนในขณะที่กำลังเรียนรู้ผ่านการแก้โจทย์หรือการสร้างสรรค์ภายใต้เงื่อนไขของโจทย์ เป็นการประเมินเพื่อ พัฒนาอย่างฉับพลันทันทีไม่ใช่การประเมินเพื่อตัดสิน

4. ตอบสนองต่อผลการประเมินนั้นอย่างเหมาะสมและทันเวลา โดยการตั้งคำถามจับประเด็นให้คำแนะนำ ให้ตัวอย่างอำนวยความช่วยเหลือฯลฯที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนอย่างสงบมีสติในจังหวะที่เหมาะสมทันท่วงทีเพื่อช่วยให้ผู้เรียนหลุดจากภาวะติดขัดหรือการเข้าใจผิดหรือช่วยให้ผู้เรียนเข้าสู่การเรียนรู้ที่กว้างขวาง ลึกซึ้งมากขึ้นและดำเนินการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ต่อไปได้อย่างราบรื่น

5. ขับเคลื่อนและปรับพฤติกรรมผู้เรียนด้วยวิธีการเชิงบวก เมื่อมีผู้เรียนบางคนที่ไม่อยู่ในภาวะพร้อมเรียนหรือติดขัดอย่างมากหรือมีพฤติกรรมที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ หรือรบกวนการเรียนรู้ของเพื่อน ครูจะขับเคลื่อนและปรับพฤติกรรมผู้เรียนนั้นด้วยวิธีการเชิงบวก ทั้งนี้ เพื่อรักษาแรงจูงใจด้านบวกของผู้เรียนคนนั้นและรักษา บรรยากาศเชิงบวกของชั้นเรียนเอาไว้ให้ต่อเนื่องแนวคิดของโพลยานั้นไม่เพียงแค่เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ทั่วไปในชีวิตประจำวัน โดยสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นในด้านคณิตศาสตร์หรือไม่ในการแก้ไขสถานการณ์ทั่วไปในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมทักษะในการคิดอย่างเปิดโลก กระบวนการคิดตรวจสอบ และพัฒนาสติปัญญาที่สำคัญในการเป็นผู้แก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดคือการสนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดอย่างอิสระ

2.2.7 การสร้างปัญหาปลายเปิด

ความสำคัญกับกระบวนการคิดและการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนมากขึ้น “ปัญหาปลายเปิด” (Open-ended Problems) จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาคณิตศาสตร์ การสร้างปัญหาปลายเปิดช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจแนวทางการแก้ไขปัญหาได้หลากหลาย ต่อยอดแนวคิดของตนเอง และแลกเปลี่ยนมุมมองกับผู้อื่น ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณค่ามากในศตวรรษที่ 21 ดังแนวคิดของนักวิจัยต่อไปนี้

Becker and Shimada (1997, pp. 50-51) เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดเกี่ยวกับ Open-ended Approach และอธิบายว่าปัญหาปลายเปิดเป็นสิ่งที่สามารถทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่แตกต่างจากการเรียนรู้แบบเดิม เนื่องจากลักษณะของคำตอบที่เปิดกว้าง แม้ว่าบางครั้งนักเรียนอาจหาคำตอบของปัญหานั้นได้แล้ว แต่ยังคงมีโอกาสสำหรับนักเรียนคนอื่น ๆ ที่จะค้นหาคำตอบที่แตกต่างออกไป การใช้ปัญหาปลายเปิดช่วยให้นักเรียนสามารถค้นหาหลายวิธีในการแก้ปัญหาได้ การสร้างปัญหาปลายเปิดควรมีลักษณะดังนี้ 1) ไม่มีคำตอบเดียวที่ถูกต้อง นั่นคือ นักเรียนสามารถตอบได้หลายวิธี 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดของตนเอง โดยส่งเสริมการสร้างสรรค์และการเชื่อมโยงแนวคิด 3) กระตุ้นให้เกิดการอภิปราย ซึ่งนักเรียนสามารถเปรียบเทียบวิธีแก้ปัญหาของกันและกัน นอกจากนี้ยังเป็นการท้าทายให้นักเรียนพยายามหาวิธีการใหม่ ๆ ในการหาคำตอบ โดยต้องใช้การบูรณาการความรู้ที่มีอยู่เดิม ทั้งทักษะและวิธีการคิดเข้าด้วยกัน นอกจากนี้นักเรียนยังจะสร้างปัญหาได้ด้วยตนเองที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาเดิมได้และขยายปัญหานั้นต่อไปได้อีกดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาปลายปิดและปัญหาปลายเปิด

ปัญหาปลายปิด	ปัญหาปลายเปิด
1. ค่าเฉลี่ยของ 11, 10, 12, 7, 5 เท่ากับเท่าไร	1. ถ้าค่าเฉลี่ยของจำนวน 5 จำนวนเท่ากับ 9 จำนวน เหล่านั้นคืออะไร
2. สวนหน้าบ้านรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีความกว้าง 12 เมตร และมีความยาว 15 เมตร ถ้าต้องการปลูกดอกไม้จะมีพื้นที่ในการปลูกทั้งหมดเท่าไร	2. สวนหน้าบ้านรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีพื้นที่ทั้งหมด 180 ตารางเมตร ในการปลูกดอกไม้ พื้นที่หน้าบ้านมีความกว้างและความยาวเป็นเท่าไร
3. รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งมีพื้นที่ 144 ตารางเซนติเมตร มีความสูง 8 เซนติเมตร จะมีความยาวฐานเท่าไร	3. รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งมีความสูง ความยาวฐานเท่าไร เมื่อรูปสามเหลี่ยมนี้มีพื้นที่ 144 ตารางเซนติเมตร

(ต่อ)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ปัญหาปลายปิด	ปัญหาปลายเปิด
4. จงแก้สมการ $5x-2=3$	4. จงยกตัวอย่างสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ได้ผลลัพธ์ $x=1$
5. มารีมีอายุเป็นสามเท่าของดีน่า ถ้ามารีอายุ 9 ปี ดีน่าอายุเท่าไหร่	5. มารีและดีน่ามีอายุเท่าไหร่ ถ้าอายุของมารีรวมกับอายุของดีน่าเท่ากับ 21 ปี

จากตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาปลายปิดและปัญหาปลายเปิด จะพบว่าปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่เปิดให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดในการหาคำตอบที่หลากหลาย ไม่ใช่เพียงคำตอบเดียว ซึ่งแตกต่างจากคำถามปลายปิดที่มีเพียงหนึ่งคำตอบ ดังนั้นการที่สร้างคำถามปลายเปิดจากสถานการณ์ในชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาระดับความเข้าใจของตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ อย่างเป็นระบบและสามารถอธิบายถึงเหตุผลของคำตอบที่ได้มา

Becker and Shimada (1997, p. 53) ยังกล่าวถึงความยากในการพัฒนาปัญหาปลายเปิดที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อสร้างปัญหาที่สามารถกระตุ้นการเรียนรู้ในรูปแบบที่เหมาะสมได้หลายครั้งจากการวิจัยซ้ำ ดังนั้นจึงได้มีข้อแนะนำสำหรับการสร้างปัญหาปลายเปิดในกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1) การเตรียมสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ได้

2. แทนที่จะถามให้นักเรียนพิสูจน์ทฤษฎีบทในรูปแบบ "ถ้า P แล้ว Q" ควรเปลี่ยนคำถามเป็น "ถ้า P แล้วความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่นักเรียนค้นพบมีอะไรบ้าง" โดยต้องกำหนดคำว่า “สิ่งต่าง ๆ” ให้ชัดเจน

3. การเริ่มบทเรียนเกี่ยวกับทฤษฎีบท ควรเริ่มต้นด้วยการนำเสนอหลายตัวอย่างที่สอดคล้องกับทฤษฎีบท เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์จากรูปเอง ซึ่งจะนำไปสู่ข้อความตามทฤษฎีบท

4. การแสดงรายการข้อมูลที่เป็นลำดับหรือตาราง เพื่อให้นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์หรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์

5. การยกตัวอย่างข้อเท็จจริงที่แสดงให้เห็นแนวคิดกว้าง ๆ และให้นักเรียนอธิบายข้อปลีกย่อยที่คล้ายคลึงกับตัวอย่าง

6. การแสดงตัวอย่างของแบบฝึกหัดหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อให้นักเรียนหาคำตอบและหาสมบัติร่วมของปัญหานั้น

7. การแสดงสถานการณ์เชิงกึ่งคณิตศาสตร์ ที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยอธิบายได้ เช่น ปัญหาการกระจายของกลุ่มก้อนหินในลักษณะต่าง ๆ ให้นักเรียนอธิบายกลุ่มที่มีการกระจายมากที่สุด และหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยคณิตศาสตร์

8. การแสดงตัวอย่างโครงสร้างทางพีชคณิต เช่น โครงสร้างของกึ่งกลุ่มหรือกลุ่ม โดยให้นักเรียนค้นหากฎทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องจากข้อมูลเชิงตัวเลข

Nohda (2000, pp. 7-8) อธิบายว่าปัญหาปลายเปิดเป็นส่วนสำคัญของ Open-ended Problem Solving การใช้ปัญหาปลายเปิดช่วยให้นักเรียน พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายและเสริมสร้างความมั่นใจในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Silver (1997, pp. 9-10) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ Problem Posing และระบุว่า การสร้างปัญหา (Problem Posing) เป็นทักษะสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และกล่าวว่าการสร้างปัญหาปลายเปิดสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งการสร้างปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) การขยายโจทย์ (Extending the Problem) นั่นคือ นักเรียนปรับเปลี่ยนหรือขยายปัญหาเดิม 2) การสร้างโจทย์จากเงื่อนไขที่กำหนด (Problem Reformulation) โดยที่นักเรียนสามารถคิดโจทย์ใหม่จากข้อมูลที่มีอยู่ 3) การตั้งโจทย์ใหม่อย่างอิสระ (Free Problem Posing) นักเรียนสร้างโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างอิสระ

Stoyanova and Ellerton (1996, pp. 15-16) ได้จำแนกแนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ประเภท 1) การสร้างปัญหาแบบอิสระ (Free problem Posing) นักเรียนตั้งโจทย์เองจากสถานการณ์ที่กำหนด 2) การสร้างปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด (Semi-structured Problem Posing) นักเรียนได้รับโจทย์หรือสถานการณ์แล้วต้องปรับเปลี่ยนหรือสร้างโจทย์ใหม่ 3) การสร้างปัญหาจากตัวอย่างที่มีอยู่แล้ว (Structured problem posing) นักเรียนใช้โจทย์เดิมเป็นต้นแบบแล้วขยายหรือปรับเปลี่ยนให้ซับซ้อนขึ้น

Inprasitha (2010, pp. 9-10) ได้พัฒนาแนวคิดการใช้ ปัญหาปลายเปิดในบริบทของการสอนคณิตศาสตร์ในประเทศไทยกล่าวถึงลักษณะของปัญหาปลายเปิดที่ดีว่า ควรเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยได้บูรณาการแนวคิดนี้เข้ากับ (Open Approach) โดยให้ครูใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้

ลัดดา ศิลาน้อย (2549, p. 6) ได้กล่าวถึงกระบวนการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่มีลักษณะเป็นปัญหาแบบเปิดที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิด โดยได้กำหนดสถานการณ์ไว้ 3 แนวทาง ดังนี้

สถานการณ์ A เป็นการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยบทบาทของครูคือการนำสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาต้นกำเนิดมาเสนอในชั้นเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนหาคำตอบหรือแนวทางที่หลากหลาย ส่วนบทบาทของผู้เรียนคือการพยายามคิดหาคำตอบหรือแนวทาง หรือ

สร้างสถานการณ์ขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อปัญหาต้นกำเนิด ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลาย

สถานการณ์ B: เป็นช่วงของการสืบเสาะหาข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยประสบการณ์ที่มีอยู่ บทบาทของครูคือการชี้แนะให้นักเรียนเกิดการอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของแนวคิดอื่น ๆ ที่หลากหลาย ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถบูรณาการคำตอบที่อาจจะดูเหมือนไม่เกี่ยวข้องกันให้เชื่อมโยงกันเป็นความรู้ใหม่ที่สูงกว่าความรู้เดิม

สถานการณ์ C เป็นการเน้นสถานการณ์ใหม่ที่พัฒนาขึ้นจากสิ่งที่มีอยู่เดิม นักเรียนจะพยายามสร้างปัญหาต่อไปที่เป็นกรณีทั่วไป โดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ในสถานการณ์ B ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถหาคำตอบที่มีลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปมากขึ้น

สรุปได้ว่า การสร้างปัญหาปลายเปิดเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหา โดย แนวคิดหลักจากนักวิจัยต่าง ๆ เน้นไปที่การเปิดโอกาสให้มีคำตอบที่หลากหลาย การส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ และการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งสามารถบูรณาการเข้ากับแนวทางการสอนแบบ Open Approach เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในเชิงลึกและการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างปัญหาปลายเปิดข้างต้น ส่งผลให้ผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างปัญหาปลายเปิดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะเป็นการกำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดของตนเองในการหาคำตอบหรือหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะในการคิดวิเคราะห์ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และการหาคำตอบจากสถานการณ์ที่เปิดกว้างและไม่จำกัด เพื่อพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ที่นำไปสู่การเรียนคณิตศาสตร์อย่างเข้าใจมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการคิดแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ อาชีพ หรือการใช้ชีวิตประจำวัน โดยเริ่มต้นจากการเข้าใจปัญหาและวางแผนก่อนดำเนินการ ซึ่งจะช่วยให้เกิดกระบวนการคิดที่เป็นระบบ และทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบนี้ยังส่งเสริมให้เกิดสติปัญญาและการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาทุกสถานการณ์ นอกจากนี้ยังเน้นกระบวนการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเปิดโลกในการเรียนรู้และสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหา ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS รวมถึงการพัฒนาทักษะและความสามารถในการคิดเชิงประสิทธิภาพและมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและในการศึกษาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในกระบวนการแก้ปัญหานั้นได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย งานวิจัยหลายชิ้นพบว่า การพัฒนาระดับความเข้าใจทาง

คณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถพัฒนาได้โดยการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผ่านการใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่มีคำตอบที่ตายตัว นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ตามความคิดของตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยบางชิ้นที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จากชีวิตจริง (Real-world Problems) ช่วยให้นักเรียนมีความสนใจและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้ากับบริบทในชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open approach) และสถานการณ์จากชีวิตจริง (Real-world problems) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้นักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาปลายเปิดที่ไม่มีคำตอบที่ตายตัว นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาตามความคิดของตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนมีระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ที่สูงขึ้น

2.3 ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding)

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ไม่ใช่เพียงการจดจำสูตรหรือวิธีการ แต่รวมถึงความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพัฒนาการของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ระดับเริ่มต้น (Concrete): นักเรียนเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง โดยใช้วัตถุหรือสื่อการสอนในการทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน เช่น การเรียนรู้จำนวนนับโดยใช้บล็อกหรือลูกปัด

2. ระดับกึ่งนามธรรม (Semi-concrete): นักเรียนเริ่มเข้าใจแนวคิดนามธรรมมากขึ้น โดยใช้สัญลักษณ์แทนวัตถุจริง และอาศัยบริบทหรือสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรม เช่น การเรียนรู้จำนวนนับผ่านตัวเลขบนกระดาษหรือรูปภาพ

3. ระดับนามธรรม (Formal): นักเรียนสามารถใช้สัญลักษณ์ สูตร และกฎเกณฑ์แทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม

4. ระดับเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic): นักเรียนมีความเข้าใจนามธรรมอย่างลึกซึ้งสามารถคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงความรู้ และนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างอิสระ

แนวคิดการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่าน 4 ระดับนี้ มีความสอดคล้องกับ แนวคิดของ Jerome Bruner (1966, pp. 3-4) นักจิตวิทยาการศึกษาชาวอเมริกัน ซึ่งเสนอว่าการเรียนรู้ของมนุษย์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับหลัก ดังนี้ 1) การกระทำ (Enactive Stage) เป็นการเรียนรู้ผ่านการกระทำหรือการปฏิบัติจริง โดยใช้วัตถุหรือสื่อที่จับต้องได้ 2) ภาพ (Iconic Stage) เป็นการเรียนรู้ผ่านภาพหรือสัญลักษณ์ที่แทนวัตถุจริง 3) สัญลักษณ์ (Symbolic Stage) สัญลักษณ์ เป็นการเรียนรู้ผ่านสัญลักษณ์นามธรรม เช่น ภาษา หรือสูตรคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ในบริบทของการศึกษาคณิตศาสตร์ บางครั้งมีการเพิ่ม ระดับกึ่งนามธรรม (Semi-concrete) เข้าไป เพื่อเน้นการเปลี่ยนผ่านจากการใช้วัตถุจริงไปสู่การใช้สัญลักษณ์นามธรรม ดังนั้น แนวคิดการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่แบ่งเป็น 4 ระดับนี้ ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดของ Bruner (1966, pp. 4-5) และถูกปรับปรุงให้เหมาะสมกับการสอนคณิตศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ

2.3.1 ความหมายของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงหมายถึง การจดจำสูตรหรือวิธีการคำนวณ แต่ยังรวมถึงความสามารถในการสร้างความเชื่อมโยงและการนำไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย นักวิจัยหลายท่านได้ให้คำจำกัดความของแนวคิดนี้ไว้ดังนี้

Wilson (1971, p. 2) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เข้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไม่ใช่แค่การรู้วิธีแก้สมการ แต่เป็น การนำแนวคิดไปปรับใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกัน โดยการแปลความหมาย (Translation) ตีความข้อมูล (Interpretation) และขยายแนวคิด (Extrapolation) โดยการนำเอาความรู้ที่ได้เรียนมาสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Hiebert and Carpenter (1992, p. 5) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์คือการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด ความจริง และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่เพียงการรู้ข้อมูลแยกกัน แต่เป็นเครือข่ายของความรู้ที่สัมพันธ์กัน การเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ดีต้องทำให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ได้ ถ้านักเรียนเข้าใจแนวคิดเศษส่วนดี ผู้สอนจะเชื่อมโยงไปยังเปอร์เซ็นต์และทศนิยมได้ และถ้านักเรียนที่เข้าใจพีทาโกรัสจะสามารถอธิบายแนวคิดของตรีโกณมิติได้ง่ายขึ้น

Crowley (2000, p. 2) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับคุณภาพและประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงแนวคิดมากกว่าปริมาณของแนวคิดที่เรียนรู้ หรือการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งสำคัญกว่าการเรียนรู้เนื้อหาจำนวนมากโดยไม่เชื่อมโยงกัน นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ดีจะสามารถใช้แนวคิดพื้นฐานในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ อาทิเช่น การเรียนรู้โจทย์

จำนวนมากแต่ไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานอาจนำไปสู่การเรียนแบบท่องจำ และหากนักเรียนเข้าใจแนวคิดของสมดุลในสมการ พวกเขาสามารถแก้สมการที่ซับซ้อนได้โดยใช้หลักการเดียวกัน

Kilpatrick (2001, p. 1) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่ความสามารถในการแก้โจทย์ แต่เป็นการใช้ความรู้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย นักเรียนที่มีความเข้าใจเชิงลึกสามารถปรับกลยุทธ์ได้ตามโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบได้ดี เช่น การเข้าใจการกระจายตัวทางสถิติช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยได้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนช่วยให้สามารถแก้ปัญหาการออกแบบและสถาปัตยกรรม และหากนักเรียนเข้าใจแนวคิดอนุพันธ์ พวกเขาจะสามารถใช้มันวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณต่าง ๆ

พร้อมพรรณ อุดมสิน (2544, น. 3) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้เดิมมาสัมพันธ์กับโจทย์ใหม่ สามารถตีความ แปลความ สรุปความ ขยายความ และสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับโจทย์ใหม่เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจที่แท้จริง การตีความและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถขยายขอบเขตความรู้ของตนเอง เช่น นักเรียนที่เข้าใจแนวคิดสมมาตรจะสามารถเชื่อมโยงกับเรขาคณิตสะท้อนการเข้าใจสมการเชิงเส้นทำให้สามารถเรียนรู้สมการกำลังสองได้ง่ายขึ้น และถ้านักเรียนสามารถอธิบายกฎของความน่าจะเป็นได้ดี พวกเขาจะสามารถแก้โจทย์ที่ซับซ้อนขึ้นได้

โครงการคณิตศาสตร์ในโรงเรียนของมหาวิทยาลัยชิคาโก (1990) แบ่งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ทักษะและกระบวนการคิด ซึ่งประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะชีวิตและ เจตคติทางคณิตศาสตร์ เช่น ความใฝ่รู้ ความขยันหมั่นเพียร และความคิดวิเคราะห์

2. ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการสำรวจ คาดเดา ให้เหตุผล และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน

3. การนำความเข้าใจไปใช้ ซึ่งรวมถึงความสามารถในการใช้คำศัพท์ บทนิยาม และทฤษฎีคณิตศาสตร์ ตลอดจนทักษะการแก้ปัญหา การคำนวณ และการใช้ข้อมูล

4. ความเข้าใจผ่านการนำเสนอ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสื่อสารความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านสัญลักษณ์ กราฟ ตาราง และแบบจำลอง

สรุปได้ว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่การจดจำสูตร แต่เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิด วิเคราะห์ความจริง ด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือ ความสามารถในการแปลความ (Translation) ตีความ (Interpretation) และขยายแนวคิด (Extrapolation) ไปสู่สถานการณ์ใหม่ความเข้าใจเชื่อมโยงแนวคิดมากกว่าการเรียนรู้แบบแยกส่วน คุณภาพของความเข้าใจสำคัญกว่าปริมาณของแนวคิดที่เรียนรู้ ความสามารถในการนำความรู้เดิมมาใช้กับปัญหาใหม่ ๆ และ

การใช้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริงต้องอาศัยการสอนที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

2.3.2 ความสำคัญของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นหัวข้อที่นักวิจัยหลายคนให้ความสำคัญ เพราะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ซึ่งมีนักวิจัยที่กล่าวถึงแนวคิดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Dubinsky and McDonald (2001, p. 2) เชื่อว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ไม่ได้เกิดขึ้นทันที แต่เป็น กระบวนการที่พัฒนาเป็นลำดับขั้น จึงได้พัฒนา ทฤษฎี APOS (Action-Process-Object-Schema) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์และอธิบายการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และเป็นกรอบแนวคิดที่สำคัญในการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ค่อย ๆ พัฒนาไปจากระดับพื้นฐาน (Action) ไปจนถึงระดับสูงสุด (Schema) ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิด คิดวิเคราะห์ และสร้างองค์ความรู้ใหม่ ได้อย่างเป็นระบบ

Usiskin (2001, pp. 1-2) กล่าวว่า ความเข้าใจเป็นพื้นฐานของความคิดสร้างสรรค์ โดยเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดที่ลึกซึ้ง และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ยังเชื่อว่าการเข้าใจคณิตศาสตร์เป็นรากฐานของความคิดสร้างสรรค์ เช่น การคิดค้นแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา การพิสูจน์ทฤษฎี และการพัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายความว่า หากนักเรียนเรียนคณิตศาสตร์แบบ "จำสูตร" เพียงอย่างเดียว พวกเขาอาจไม่สามารถ ต่อยอดแนวคิด หรือ พัฒนาวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้ ซึ่งการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีและเป็นพื้นฐานของความคิดสร้างสรรค์ในระดับสูง รวมถึงการค้นพบ การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ และนวัตกรรมใหม่ ๆ

Sheffield and Cruikshank (2005, pp. 2-3) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจดีกว่าการท่องจำ โดยเชื่อว่าการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจจะช่วยให้นักเรียนจดจำได้ยาวนานกว่าการเรียนแบบท่องจำ (Rote Learning) ซึ่งการท่องจำสูตรอาจช่วยให้แก้โจทย์ได้ในระยะสั้น แต่ไม่ช่วยให้นักเรียนสามารถ ปรับใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย ในการเรียนคณิตศาสตร์แบบ “ความเข้าใจนำหน้าการท่องจำ” จะช่วยให้นักเรียนใช้เหตุผลได้ดีขึ้น ส่งผลให้เกิดความ มั่นใจ และ ความคงทนของความรู้ ทำให้นักเรียนสามารถต่อยอดไปสู่ระดับที่สูงขึ้น

Kilpatrick, Swafford, Findell and Editors (2001, p. 3) กล่าวว่า ความเข้าใจช่วยให้สามารถเชื่อมโยงแนวคิดและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นว่าเมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ จะสามารถเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ได้อย่างเป็นลำดับ ส่งผลให้

สามารถ ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การมีความเข้าใจที่ดีช่วยให้มองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อทางคณิตศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงเลขยกกำลังกับลอการิทึม หรืออนุพันธ์กับปริพันธ์ ทำให้สามารถ อธิบายเหตุผลเบื้องหลังการคำนวณ และหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิด

Makhanong (2003, p. 4) กล่าวว่า การท่องจำโดยไม่มีความเข้าใจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ขั้นสูง และเชื่อว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยอาศัยเพียงการท่องจำ เป็นอุปสรรคต่อการนำความรู้ไปใช้ในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสมรรถนะสำคัญที่ต้องส่งเสริมในผู้เรียนทุกคน หากนักเรียนเรียนคณิตศาสตร์แบบท่องจำ อาจทำให้พวกเขาติดอยู่ในขั้นตอนการแก้โจทย์ที่ตายตัว และไม่สามารถปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ ซึ่งการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น เช่น การพิสูจน์ทฤษฎี หรือการใช้คณิตศาสตร์เชิงประยุกต์

อัมพร ม้าคนอง (2547, น. 2) กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และอธิบายว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งนักเรียนที่มีความเข้าใจเชิงลึกจะสามารถ นำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่ซับซ้อน ได้ ถ้านักเรียนไม่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของพวกเขาจะลดลง แม้ว่าจะสามารถทำโจทย์ได้ก็ตาม ดังนั้นความเข้าใจช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้ใน สถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน

ไพทูล นารคร (2549, น. 1-2) กล่าวว่า ความเข้าใจช่วยให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และเชื่อว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเลือกใช้กลยุทธ์หรือยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังช่วยให้ ตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล ในการแก้โจทย์ที่มีความซับซ้อน อาทิเช่น นักเรียนที่ ไม่มีความเข้าใจ อาจใช้วิธีที่ซับซ้อนเกินไป หรือเลือกกลยุทธ์ผิดในการแก้ปัญหา และในการเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมช่วยให้แก้โจทย์ได้ เร็วขึ้น ถูกต้องขึ้น และมีประสิทธิภาพvมากขึ้น

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญ ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถ คิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้แบบท่องจำ เป็นอุปสรรคต่อการใช้คณิตศาสตร์ในระดับสูง และควรเปลี่ยนมาเน้นการสร้างความเข้าใจ นักเรียนที่มีความเข้าใจเชิงลึกสามารถ เชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และสามารถนำความรู้ที่มีไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่ซับซ้อน ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และสามารถนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่หลากหลาย

2.3.3 ประเภทของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามแนวคิดทางการศึกษาและจิตวิทยาการเรียนรู้ ดังนี้

2.3.3.1 ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding): เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การเข้าใจว่าผลรวมของมุมภายในของสามเหลี่ยมเป็น 180 องศา ไม่ใช่แค่การจำสูตร แต่เข้าใจเหตุผลที่เป็นเช่นนั้น

2.3.3.2 ความเข้าใจเชิงกระบวนการ (Procedural Understanding): เป็นความสามารถในการใช้ขั้นตอน วิธีการ หรืออัลกอริทึมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การรู้วิธีการแก้สมการอย่างถูกต้อง

2.3.3.3 ความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding): เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น เข้าใจว่าการคูณและการหารมีความสัมพันธ์กัน

2.3.3.4 ความเข้าใจเชิงตรรกะ (Logical Understanding): เป็นความสามารถในการให้เหตุผล สร้างข้อสรุป และพิสูจน์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การพิสูจน์ทฤษฎีบทพีทาโกรัสโดยใช้หลักตรรกะและเรขาคณิต

2.3.3.5 ความเข้าใจเชิงประยุกต์ (Applied Understanding): เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์จริง เช่น การคำนวณดอกเบี้ยเงินฝาก หรือการใช้ตรีโกณมิติในการสร้างสะพาน

Richard Skemp (1971, p. 5) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์โดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก ซึ่งสะท้อนถึงระดับของการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้

1. ความเข้าใจด้านการใช้งาน (Instrumental Understanding) เป็นความเข้าใจเชิงกลไกหรือกระบวนการ หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถใช้กฎ สูตร หรือวิธีการที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง โดยอาจไม่เข้าใจถึงเหตุผลที่อยู่เบื้องหลัง มักพบในรูปแบบของการจดจำสูตร วิธีทำ หรือการทำตามตัวอย่างที่เคยเห็นมาก่อน เช่น การแก้สมการโดยใช้สูตรหรือขั้นตอนที่ท่องจำมา โดยไม่เข้าใจว่าทำไมถึงต้องใช้วิธีนั้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจรู้ว่าสูตรหาพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ $A = l \times w$ แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

2. ความเข้าใจด้านความสัมพันธ์ (Relational Understanding) เป็นความเข้าใจที่ลึกซึ้งกว่า หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และเข้าใจเหตุผลเบื้องหลังแนวคิดหรือกฎที่ใช้ ผู้เรียนสามารถอธิบายความหมายของสูตร กฎ หรือแนวคิดได้ ไม่ใช่แค่ใช้มันโดยอัตโนมัติ ช่วยให้เกิดความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่เข้าใจว่าพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้ามาจากการคำนวณจำนวนหน่วยตารางที่อยู่ภายใน

รูปสี่เหลี่ยม จะสามารถนำแนวคิดนี้ไปใช้กับรูปเรขาคณิตอื่น ๆ ได้ เช่น สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือสามเหลี่ยม

Richard Skemp (1971, p. 7) ยังอธิบายว่าผู้เรียนที่มีเพียง ความเข้าใจเชิงกลไก (Instrumental Understanding) มักจะมีข้อจำกัดในการนำความรู้ไปใช้ และอาจลืมความรู้ได้ง่าย หากไม่ได้ฝึกฝนเป็นประจำ ในขณะที่ผู้ที่มี ความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) จะสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ดีกว่า ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ ควรเน้นการพัฒนา ความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ เชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง

Hiebert and Lefevre (1986, pp. 10-11) แบ่งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทหลัก ดังนี้

1. ความเข้าใจแบบมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) เป็นการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับลึก และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ได้ เช่น เข้าใจว่าการคูณเป็นการบวกซ้ำ ๆ หรือเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนและทศนิยม

2. ความเข้าใจแบบกระบวนวิธี (Procedural Understanding) เป็นการเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการหรืออัลกอริทึม แต่ไม่ได้เข้าใจเหตุผลเบื้องหลัง เช่น รู้วิธีแก้สมการ $2x+5=15$ โดยทำตามขั้นตอนที่จำมา แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่ต้องทำเช่นนั้น

Tall and Vinner (1981, p. 7) ได้อธิบายว่าผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ 2 ประเภท ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้และการนำความรู้ไปใช้

1. ภาพพจน์ทางคณิตศาสตร์ (Concept Image) หมายถึงภาพรวมของแนวคิดที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจากประสบการณ์และความเข้าใจของตนเอง ตัวอย่าง: เมื่อพูดถึง “ฟังก์ชัน” นักเรียนอาจนึกถึงกราฟเส้นโค้งหรือสมการ เช่น $y=x^2$

2. นิยามทางคณิตศาสตร์ (Concept Definition) หมายถึงคำจำกัดความทางคณิตศาสตร์ที่เป็นทางการและแม่นยำ ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชันถูกกำหนดให้เป็นความสัมพันธ์ที่กำหนดค่าเอาต์พุตที่ไม่ซ้ำกันสำหรับแต่ละค่าของอินพุต

Kilpatrick, Swafford และ Findell (2001, pp. 5-6) ได้เสนอประเภทของความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจคณิตศาสตร์ในแง่มุมที่กว้างขึ้น ครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะ และทัศนคติในการเรียนรู้

1) ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) หมายถึงการเข้าใจแนวคิด หลักการ และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น การเข้าใจว่าเศษส่วน $\frac{1}{2}$ และ $\frac{2}{4}$ มีค่าเท่ากัน เพราะสามารถแปลงค่าจากรูปหนึ่งไปอีกรูปหนึ่งได้

2. ความคล่องแคล่วในกระบวนการ (Procedural Fluency) หมายถึงความสามารถในการใช้วิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การสามารถแก้สมการ $3x+5=20$ ได้อย่างรวดเร็วโดยใช้กระบวนการทางพีชคณิต

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีกลยุทธ์ (Strategic Competence) หมายถึงการสามารถคิดหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น หากต้องแบ่งลูกอม 36 เม็ดให้เพื่อน 6 คนเท่า ๆ กัน นักเรียนสามารถเลือกใช้การหาร $36\div6=6$ หรือการแจกแจงเป็นกลุ่ม ๆ

4. ความสามารถในการให้เหตุผลและเชื่อมโยงแนวคิด (Adaptive Reasoning) หมายถึงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ อธิบายคำตอบ และโต้แย้งด้วยเหตุผล ตัวอย่างเช่น การอธิบายว่าทำไมสูตรพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส $A=s^2$ จึงใช้ได้โดยเชื่อมโยงกับแนวคิดการคูณความยาวด้าน

5. เจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ (Productive Disposition) หมายถึงการมีมุมมองเชิงบวกต่อคณิตศาสตร์ เชื่อมั่นว่าคณิตศาสตร์มีประโยชน์ และมีความพยายามในการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่ไม่กลัวความผิดพลาดในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ และมุ่งมั่นหาทางแก้ปัญหาต่อไป

Usiskin (2001, pp. 3-5) ได้แบ่งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภทสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงมุมมองที่แตกต่างกันของผู้เรียนในการทำความเข้าใจและใช้คณิตศาสตร์ดังนี้

1. ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ (Skill – Algorithm Understanding) หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้และตรวจสอบขั้นตอนวิธี ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณ การจัดลำดับการแก้โจทย์ และการพัฒนากระบวนการใหม่ ๆ รวมถึง การรู้จักและเข้าใจอัลกอริทึม เช่น วิธีการแก้สมการเชิงเส้น การคำนวณเศษส่วน หรือการหาค่าลอการิทึม ผู้เรียนที่มีความเข้าใจประเภทนี้สามารถ ตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม และตรวจสอบความถูกต้องของวิธีที่ใช้ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่สามารถแก้สมการ $2x+5=15$ ได้ โดยใช้วิธีการลบ 5 ทั้งสองข้าง และหารด้วย 2 นักเรียนที่สามารถคิดวิธีลัด หรือพัฒนาแนวทางใหม่ ๆ ในการคำนวณเลขยาว ๆ ได้

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติคณิตศาสตร์ (Properties–Mathematical Understanding) หมายถึง ความสามารถในการระบุและอธิบายสมบัติคณิตศาสตร์ และการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อพิสูจน์แนวคิด ผู้เรียนที่มีความเข้าใจประเภทนี้สามารถ อธิบายเหตุผลเบื้องหลังสูตรหรือกฎคณิตศาสตร์ แทนที่จะใช้เพียงแค่จำสูตร รวมถึงการ พิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้เข้าใจแนวคิดในระดับที่ลึกขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้ สมบัติการแจกแจงของการคูณ เช่น $a(b+c)=ab+ac$ การพิสูจน์ว่าจำนวนเฉพาะมีจำนวนไม่สิ้นสุด โดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเข้าใจว่าผลรวมของมุมภายในของสามเหลี่ยมคือ 180 องศา และสามารถอธิบายได้ว่าทำไม

3. ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ (Use-Application Understanding) หมายถึง ความสามารถในการนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์จริง หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ผู้เรียนที่มีความเข้าใจประเภทนี้สามารถ เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การคำนวณต้นทุน การวิเคราะห์ข้อมูล หรือการใช้ตรีโกณมิติในการออกแบบ มีความสำคัญต่อ STEM Education และการพัฒนาทักษะในสาขาวิชาชีพต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การคำนวณ ดอกเบี้ยเงินฝาก หรือการวางแผนงบประมาณ การใช้ ตรีโกณมิติ เพื่อคำนวณความสูงของตึกโดยใช้เงา และการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลทางธุรกิจ หรือผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์

4. ความเข้าใจในการนำเสนอ (Understanding through Representation) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ผู้เรียนที่มีความเข้าใจประเภทนี้สามารถ แสดงความคิดผ่านสัญลักษณ์ แผนภูมิ หรือรูปแบบภาพ ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีความสำคัญต่อการสื่อสารคณิตศาสตร์ให้กับผู้อื่น ไม่ว่าจะเป็นการสอน อธิบาย หรือสร้างแบบจำลองข้อมูล ตัวอย่างเช่น การใช้ กราฟเส้นตรง แทนสมการเชิงเส้น เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร การใช้ แผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลประชากรของแต่ละประเทศ และการอธิบายการคำนวณโดยใช้ แผนภาพเวนน์ หรือ ตารางค่า

สรุปได้ว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถจำแนกออกเป็นหลายมิติ ได้แก่ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) และความเข้าใจเชิงกระบวนการ (Procedural Understanding) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน แนวคิดเกี่ยวกับระดับความเข้าใจที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ ตั้งแต่ความเข้าใจเชิงกลไก (Instrumental Understanding) ไปจนถึงความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดและนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถให้เหตุผล สร้างข้อสรุป และใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น กราฟ แผนภูมิ และรูปแบบสัญลักษณ์ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การเรียนการสอนควรมุ่งเน้นการพัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกมากกว่าการท่องจำกฎเกณฑ์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.4 ลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

John Dewey (1952. pp. 52-53) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับ "Learning by doing" หรือ "การเรียนรู้จากการลงมือทำ" ซึ่งเขานำเสนอภายใต้ปรัชญาทางการศึกษาที่เรียกว่า สำนักคิดปฏิบัตินิยม (Pragmatism) และแนวคิดเกี่ยวกับ การศึกษาก้าวหน้า (Progressive Education) โดยเชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นจาก ประสบการณ์ตรงของผู้เรียน มากกว่าการรับข้อมูลจากครูเพียงฝ่ายเดียว โดยการให้ผู้เรียนได้ ลงมือปฏิบัติ และมีโอกาส ทดลอง แก้ปัญหา และสร้างองค์ความรู้ด้วย

ตนเอง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ แนวคิดสำคัญของ Learning by Doing นั่นคือ 1)ประสบการณ์เป็นหัวใจของการเรียนรู้ (Experience-based Learning) 2) การเรียนรู้แบบ Active Learning (Active Participation in Learning) 3) การเชื่อมโยงการเรียนรู้กับชีวิตจริง (Connection to Real Life and Society) 4) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning & Social Learning) 5)โครงสร้างหลักสูตรแบบยืดหยุ่น (Flexible Curriculum & Interdisciplinary Learning) และ 6) ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Teacher as a Facilitator, Not Sole Authority)

Bruner (1966. pp. 40-42) ได้กล่าวถึงลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ว่า ประสบการณ์เดิมของผู้เรียนมีบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้ การพัฒนาโครงสร้างความรู้ใหม่ต้องมีองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การพัฒนาทางด้านภาษาและประสบการณ์เดิมที่มีส่วนสำคัญในการเพิ่มความเจริญงอกงามทางสติปัญญา ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เขามองว่าประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ และพัฒนาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) การเรียนรู้ต้องอาศัยประสบการณ์เดิม ความเข้าใจใหม่จะถูกสร้างขึ้นจากโครงสร้างความรู้เดิมของผู้เรียน วุฒิภาวะเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องมีการกระตุ้นทางสติปัญญาผ่านการพัฒนา ภาษาทางคณิตศาสตร์ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่กระตุ้นการคิด

2) โหมดการแทนความรู้ (Modes of Representation) อธิบายว่าเด็กเรียนรู้ผ่าน 3 รูปแบบหลัก 1) Enactive Representation (การแทนความรู้ด้วยการกระทำ) ใช้การกระทำเพื่อเรียนรู้ เช่น เด็กนับนิ้วแทนการบวกเลข 2) Iconic Representation (การแทนความรู้ด้วยภาพและสัญลักษณ์): ใช้ภาพ แผนภูมิ หรือกราฟ เพื่อแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ 3) Symbolic Representation (การแทนความรู้ด้วยสัญลักษณ์): ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลข สมการ และสัญลักษณ์นามธรรม

3) การเรียนรู้โดยการค้นพบ (Discovery Learning) ผู้เรียนควรได้มีโอกาส สำรวจทดลอง และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แทนการรับความรู้แบบถ่ายทอดตรง ๆ แนวคิดนี้เป็นรากฐานของ Problem-based Learning (PBL) และ Inquiry-based Learning (IBL)

Ausubel (1977, pp. 28-29) กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับโครงสร้างความรู้เดิมได้ ซึ่งนำมาสู่การเรียนรู้อย่างมีความหมาย แต่หากผู้เรียนไม่สามารถนำสิ่งใหม่ไปสัมพันธ์กับความรู้เดิมได้ ก็จะเป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีความหมายหรือการเรียนแบบท่องจำ หมายความว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากสามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว แนวคิดหลักของเขาคือ การเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งตรงข้ามกับการเรียนแบบท่องจำ ดังนี้

1) การเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) การเรียนรู้ที่ดีเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลใหม่สามารถเชื่อมโยงกับโครงสร้างความรู้เดิมของผู้เรียน หากความรู้ใหม่ไม่สามารถเชื่อมโยงได้ ผู้เรียนอาจจำข้อมูลนั้นได้เพียงช่วงสั้น ๆ (Rote Learning)

2) ตัวช่วยจัดระเบียบความรู้ (Advance Organizer) เพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ควรใช้เครื่องมือช่วยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เช่น การใช้แผนภาพแนวคิด (Concept Maps) และการให้คำถามนำทางก่อนสอน เป็นต้น

3) การหลีกเลี่ยงการเรียนแบบท่องจำ (Rote Learning) แนะนำให้ใช้การเชื่อมโยงเชิงความหมาย เพื่อทำให้การเรียนรู้มีความลึกซึ้งมากขึ้น

Vygotsky (1978, p. 24) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ Social Constructivism หรือการเรียนรู้ที่เน้นบริบททางสังคม โดยเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านสติปัญญา ซึ่งการเรียนรู้เกิดขึ้นผ่านบริบททางสังคม นั่นคือการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านสติปัญญา ดังนี้

1. การเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Constructivism) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ผ่านการทำงานร่วมกับ ครู เพื่อน และบริบททางสังคม ผู้เรียนที่ทำงานเป็นกลุ่มสามารถแลกเปลี่ยนแนวคิดและสร้างความเข้าใจร่วมกัน

2. Zone of Proximal Development (ZPD) หรือ เขตพัฒนาศักยภาพ หมายถึง ขอบเขตของสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้ด้วยตนเอง และ สิ่งที่สามารถทำได้เมื่อมีผู้ช่วย (ครูหรือเพื่อนที่เก่งกว่า) ผู้สอนควรช่วยเหลือผู้เรียนใน จุดที่เขาสามารถพัฒนาได้ แทนที่จะปล่อยให้เรียนรู้ตามลำพัง

3. การให้การสนับสนุน (Scaffolding) หมายถึง การให้ความช่วยเหลือชั่วคราวโดยค่อย ๆ ลดระดับลงเมื่อผู้เรียนสามารถทำได้เอง เช่น ครูให้คำแนะนำหรือยกตัวอย่างก่อน แล้วจึงปล่อยให้ผู้เรียนลองทำเอง

Hiebert and Carpenter (1992, p. 6) กล่าวถึงการเข้าใจทางคณิตศาสตร์ว่า การเข้าใจตรงข้ามกับการท่องจำ โดยการเรียนรู้เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้นั้น จำเป็นต้องเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ซึ่งเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถคิดไตร่ตรองได้อย่างสร้างสรรค์ช่วยพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม และนำความรู้ที่ได้รับไปบูรณาการในการดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข โดยตามทฤษฎีนี้ผู้เรียนจะสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงสิ่งที่พบเห็นกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในตัว สร้างเป็นโครงสร้างทางสติปัญญาใหม่ขึ้นมา

Zalman and Usiskin (2002, pp. 12-13) ได้กล่าวถึงลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นสิ่งที่จับต้องได้ แต่มีอยู่และเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรารู้ หากเราเข้าใจในเรื่องใดและสามารถอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ พวกเขาก็จะเข้าใจเรื่องนั้นเช่นกัน ในทางกลับกัน หากเรารู้สิ่งที่ผู้อื่นไม่รู้ เราสามารถบอกได้ว่าพวกเขายังไม่เข้าใจอย่างแท้จริง มิติของความเข้าใจ

ที่ได้ถูกนำเสนอมีความหลากหลายและขึ้นอยู่กับการรับรู้ของแต่ละบุคคลในแต่ละสายอาชีพ การที่จะสอนให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่แท้จริงอาจเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากความเข้าใจไม่ใช่สิ่งที่สามารถจับต้องได้ อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาคณิตศาสตร์ในอดีตหรือปัจจุบัน เราก็ยังคงต้องสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจให้กับผู้เรียนต่อไป

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น. 25) ได้กล่าวถึงลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ว่า โดยทั่วไปแล้ว ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นมีมุมมองที่แตกต่างกันออกไป คนทั่วไปมักมองว่าความเข้าใจคือการทำได้ เช่น หากผู้เรียนสามารถคำนวณเศษส่วนได้ก็ถือว่าเขาเข้าใจเรื่องเศษส่วนนั้นแล้ว แต่ในทางกลับกัน นักคณิตศาสตร์มองว่าความเข้าใจที่แท้จริงคือความสามารถในการนำสมบัติต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ในขณะที่กลุ่มที่ใช้คณิตศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มักจะมองว่าผู้เรียนยังไม่เข้าใจคณิตศาสตร์อย่างแท้จริงหากไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้เชื่อว่าความเข้าใจต้องสะท้อนวิธีการทำงานของสมองหรือพัฒนาการของผู้เรียน ขณะที่นักประวัติศาสตร์และผู้ที่สนใจด้านวัฒนธรรมเชื่อว่า ประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมมีความสำคัญต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ามุมมองเกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นแตกต่างกันไปตามกลุ่มอาชีพและบริบทของแต่ละบุคคล และบางครั้งก็มีการมองข้ามคุณค่าของมุมมองความเข้าใจจากผู้อื่นไป โดยไม่ตระหนักถึงความสำคัญของมุมมองนั้น ๆ

สรุปได้ว่า ลักษณะความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีหลายมุมมองตามบริบทและกลุ่มอาชีพต่างๆ โดยคนทั่วไปมักมองว่าเป็นการทำได้ เช่น การคำนวณได้ ส่วนในมุมมองของนักคณิตศาสตร์และผู้ใช้งานคณิตศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มองว่าความเข้าใจที่แท้จริงคือการสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่หลากหลาย การเรียนรู้จึงไม่ใช่แค่การท่องจำ แต่เป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมผ่านประสบการณ์ การลงมือทำ และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดสร้างสรรค์และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านที่สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยประสบการณ์เดิมของผู้เรียน และเกิดจากการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสำรวจและการค้นพบ รวมทั้งเน้นความสำคัญของการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคมที่เกิดขึ้นผ่านปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และต้องได้รับการสนับสนุนตามระดับพัฒนาการ ตอกย้ำว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกิดจากการเชื่อมโยงความรู้และสร้างโครงสร้างทางสติปัญญาใหม่ ชี้ให้เห็นว่าความเข้าใจไม่สามารถจับต้องได้ แต่สะท้อนผ่านการอธิบายและการนำไปใช้ มุมมองที่เกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันไปตามกลุ่มอาชีพและบริบทของผู้เรียน ดังนั้น การสอนคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการพัฒนาแนวคิด การเชื่อมโยงความรู้ และการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงมากกว่าการท่องจำเพียงอย่างเดียว

2.3.5 พฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

พฤติกรรมที่แสดงถึง ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนสามารถสังเกตได้จากหลายมิติ ซึ่งสะท้อนถึงการเชื่อมโยงความรู้ ความคิด และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ ของพฤติกรรมเหล่านี้ โดยมีนักวิชาการหลายท่านที่ให้ความหมายและอธิบายถึงพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ดังนี้

Lesh and Doerr (2003, pp. 22) กล่าวถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในเชิงของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling Perspective) โดยพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจจะเห็นได้จากความสามารถของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง องค์ประกอบสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling Perspective) เน้นว่านักเรียนที่เข้าใจคณิตศาสตร์มีความสามารถดังนี้

1. แปลปัญหาในชีวิตจริงเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น จากปัญหาเรื่องจำนวนประชากร นักเรียนสามารถสร้างสมการเชิงเส้นเพื่อพยากรณ์แนวโน้มได้

2. ใช้สัญลักษณ์ กราฟ ตาราง หรือรูปแบบอื่น ๆ ในการสร้างแบบจำลอง เช่น ใช้แผนภาพวาเวนน์ (Venn Diagram) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเซต

3. แก้ปัญหาและปรับปรุงแบบจำลองตามข้อมูลที่ได้รับ เป็นกระบวนการทบทวนและปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป

4. เชื่อมโยงแนวคิดคณิตศาสตร์กับสาขาอื่นหรือบริบทในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจ หรือใช้เรขาคณิตคำนวณโครงสร้างอาคาร

Tall and Vinner (1981, p. 26) อธิบายว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับ “ภาพแนวคิด (Concept Image)” และ “นิยามแนวคิด (Concept Definition)” ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนและเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงระดับของความเข้าใจ โดย ภาพแนวคิด (Concept Image) หมายถึง ภาพรวมของแนวคิดคณิตศาสตร์ที่บุคคลมี ซึ่งรวมถึงตัวอย่าง รูปภาพ กฎเกณฑ์ และความเชื่อเกี่ยวกับแนวคิดนั้น อาจถูกต้องหรือผิดพลาด ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนบางคนอาจคิดว่ากราฟของฟังก์ชันต้องเป็นเส้นต่อเนื่องเสมอ ทั้งที่ฟังก์ชันบางตัวอาจไม่ต่อเนื่อง และ นิยามแนวคิด (Concept Definition) หมายถึง คำนิยามทางคณิตศาสตร์ที่เป็นทางการของแนวคิดนั้น เช่น "จำนวนเฉพาะ" คือ จำนวนที่มีตัวหารเพียง 1 กับตัวมันเอง การที่นักเรียนเข้าใจนิยามที่ถูกต้องจะช่วยลดความเข้าใจผิดที่เกิดจาก Concept Image

Polya (1957, pp. 23-24) อธิบายพฤติกรรมของนักเรียนที่เข้าใจคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Process) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นรากฐานของการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understand the Problem) การอ่านและทำความเข้าใจโจทย์ ระบุข้อมูลที่ให้มาและสิ่งที่ต้องการหา หรือแปลงปัญหาเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์

2. วางแผนแก้ปัญหา (Devise a Plan) การเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม เช่น การใช้สมการ, การสร้างแผนภาพ, หรือการใช้ตรรกะ และพิจารณาความเป็นไปได้ของคำตอบ

3. ดำเนินการแก้ปัญหา (Carry Out the Plan) การลงมือคำนวณหรือดำเนินตามแผนที่วางไว้ และติดตามขั้นตอนอย่างรอบคอบ

4. ตรวจสอบคำตอบ (Look Back and Reflect) ตรวจสอบคำตอบว่าเป็นไปตามโจทย์หรือไม่ และวิเคราะห์ว่ามีวิธีอื่นที่ดีกว่าหรือไม่

ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์คณิตศาสตร์และเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2. นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและอธิบายเหตุผลได้

3. นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง เช่น การคำนวณงบประมาณการเดินทาง

อนันต์ จันทร์กวี (2537, น. 256) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ครูจำเป็นต้องทราบระดับความเข้าใจของผู้เรียน เพื่อให้สามารถปรับกระบวนการสอนได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ นักเรียนที่มีความเข้าใจในเนื้อหาจะสามารถแสดงออกผ่านพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. สรุปหรืออธิบายแนวคิดที่เรียนมา ด้วยคำพูดของตนเอง หรือถ่ายทอดความหมายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เรียนในชั้นเรียน

2. สรุปแนวคิดเป็นกฎหรือหลักการทั่วไป รวมถึงการใช้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณค่าของสัญลักษณ์

3. แปลงข้อความเป็นสัญลักษณ์หรือภาพ และกลับกัน เพื่อแสดงถึงความเข้าใจในการเชื่อมโยงแนวคิด

4. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อความทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของกระบวนการที่ใช้

5. แปลความหมายของโจทย์ปัญหา โดยแยกแยะข้อมูลที่กำหนดและสิ่งที่ต้องการหาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง

สรุปได้ว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไม่ได้หมายถึงแค่การคำนวณได้ถูกต้อง แต่ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งแสดงออกผ่าน การสร้างแบบจำลอง การใช้แนวคิดอย่างถูกต้อง การแก้ปัญหาอย่างมีระบบ และการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน พฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์สามารถสะท้อนผ่าน การสร้างแบบจำลอง

คณิตศาสตร์ การแยกแยะระหว่างภาพแนวคิดและนิยามแนวคิด การใช้กระบวนการแก้ปัญหา และการแสดงออกผ่านพฤติกรรมของนักเรียน การที่ครูสังเกตพฤติกรรมเหล่านี้ช่วยให้ครูสามารถประเมินและปรับกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากขึ้น

2.3.6 การสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Communication) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถ อธิบายแนวคิด แสดงเหตุผล และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยมีนักวิชาการหลายท่านที่ให้ความหมายและอธิบายถึงบทบาทของการสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Vygotsky (1978, p. 24) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นการเรียนรู้เกิดขึ้นผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Interaction in Learning Mathematics) และ การใช้ภาษาเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นผ่าน การสนทนา อภิปราย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น กับเพื่อนหรือครู ตัวอย่างของการสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดให้เพื่อนเข้าใจได้ หรือการใช้การสนทนาและคำถามช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ แม้กระทั่งการอภิปรายกลุ่มที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจเชิงลึก

Pimm (1987, p. 32) อธิบายว่า "Mathematical Discourse" หรือ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ไม่ได้หมายถึงเพียงแค่การเขียนหรือพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่รวมถึงกระบวนการคิด การให้เหตุผล และการแสดงออกถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

1. การใช้ภาษาคณิตศาสตร์ (Mathematical Language) หมายถึง ภาษาคณิตศาสตร์เป็นสื่อกลางในการแสดงความเข้าใจ ซึ่งรวมถึง สัญลักษณ์ สมการ แผนภาพ และกราฟ ที่ช่วยให้แนวคิดที่ซับซ้อนสามารถสื่อสารได้อย่างกระชับและแม่นยำ นักเรียนต้องสามารถ แปลงภาษาธรรมดาเป็นภาษาคณิตศาสตร์ และในทางกลับกัน ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น การใช้แผนภาพเวนน์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเซต

2. การแสดงเหตุผลและข้อโต้แย้ง (Mathematical Reasoning and Argumentation) หมายถึง การใช้เหตุผล (Reasoning) เป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ นักเรียนที่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ต้องสามารถอธิบายว่าทำไมวิธีการของตนถึงถูกต้อง แสดงขั้นตอนและตรรกะในการคำนวณ โต้แย้งและอภิปรายแนวคิดของตนเองและผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถ แสดงวิธีแก้ปัญหาที่แตกต่างกันและอธิบายว่าทำไมวิธีหนึ่งอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าอีกวิธีหนึ่ง

3. การตีความและสร้างความหมายของแนวคิด (Interpreting and Constructing Mathematical Meaning) หมายถึง นักเรียนไม่เพียงต้อง เข้าใจคำนิยามและสูตร แต่ต้องสามารถ

เชื่อมโยงแนวคิดเหล่านั้นกับบริบทที่หลากหลาย และการตีความหมายของคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถ อธิบายความหมายของ "ความชันของเส้นตรง" และเชื่อมโยงกับแนวคิดเรื่องอัตราการเปลี่ยนแปลง

Sfard (2008, pp. 119-120) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Thinking as Communicating) เป็นการคิดทางคณิตศาสตร์คือรูปแบบหนึ่งของการสื่อสารการเรียนรู้คณิตศาสตร์เกิดขึ้นผ่าน กระบวนการสนทนาและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสื่อสารที่ดีช่วยให้นักเรียนสามารถแปลงแนวคิดนามธรรมเป็นรูปธรรมที่เข้าใจได้ ลักษณะของการสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ อาทิเช่น การใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และการอภิปรายและตั้งคำถามเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหา รวมถึงการถ่ายทอดความเข้าใจผ่านการพูดหรือการเขียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 2) อธิบายว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนใช้ คำศัพท์ สัญลักษณ์ หรือโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดหรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน โดยผู้เรียนที่สามารถสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดี จะต้องสามารถแสดงความเข้าใจผ่าน 4 องค์ประกอบสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. เชื่อมโยงสิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ หรือไดอะแกรมเข้ากับความคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำ สิ่งที่จับต้องได้ หรือสิ่งที่มองเห็นชัดเจน มาเชื่อมโยงกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้การเรียนคณิตศาสตร์มีความหมายมากขึ้น โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นนามธรรมเข้ากับสิ่งที่นักเรียนเข้าใจได้ง่ายตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนใช้ แผนภาพวงกลม อธิบายเปอร์เซ็นต์ของแต่ละหมวดหมู่ในการสำรวจข้อมูล

2. สะท้อนและให้เหตุผลเกี่ยวกับความคิดหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ การที่นักเรียนมีความเข้าใจคณิตศาสตร์สามารถ อธิบายเหตุผล ที่อยู่เบื้องหลังคำตอบของตนเอง เป็นการพัฒนา การคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) และ การคิดอย่างมีเหตุผล (Reasoning) ช่วยให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่หาคำตอบได้ แต่สามารถ ให้เหตุผลว่าทำไมคำตอบนั้นถึงถูกต้อง ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถ อธิบายว่าทำไมสมการ $x^2 = 9$ จึงมีคำตอบเป็น $x = \pm 3$

3. เชื่อมโยงภาษาในชีวิตประจำวันเข้ากับภาษาทางคณิตศาสตร์ การที่นักเรียนมีความเข้าใจคณิตศาสตร์จะสามารถ แปลความหมายของภาษาพูดเป็นสัญลักษณ์หรือสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ช่วยให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้องโดยตีความจากภาษาธรรมดาไปเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถ แปลข้อความ “มีจำนวนเงิน 100 บาท ซื้อของไป 40 บาท เหลือเงินเท่าไร?” เป็นสมการ $100 - 40 = 60$

4. ตระหนักว่าการอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟังเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์ การสื่อสารเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะ

เป็นการพูด อภิปราย อธิบาย ฟัง หรืออ่าน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถ ถ่ายทอดความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ และสามารถ เรียนรู้จากผู้อื่นได้ ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจ เช่น นักเรียนสามารถอภิปรายกับเพื่อนเกี่ยวกับวิธีแก้โจทย์ปัญหา และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของกันและกัน

NCTM (National Council of Teachers of Mathematics (2000, pp. 35-37) อธิบายว่า "Mathematical Communication" เป็นหนึ่งในมาตรฐานสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถ จัดระเบียบและถ่ายทอดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สร้างและนำเสนอข้อโต้แย้งที่สมเหตุสมผล อภิปรายแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับผู้อื่น สร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอในวิชาพีชคณิต เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนรู้จักวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของกราฟ ตาราง หรือข้อความเพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น ขั้นตอนในการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนวิเคราะห์กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการหรืออสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ควรกำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน รวมถึงให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่ในการชี้แนะแนวทางในการสื่อสาร เป้าหมายของการพัฒนาความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร คือ มุ่งพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ และใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถเหล่านั้นในการสื่อสารแนวคิดในกิจกรรมที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการเรียนรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนมีการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องมีการส่งเสริมทักษะด้านการฟัง การอ่าน การอภิปราย และการเขียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนำเสนอ เช่น นักเรียนนำเสนอผ่านโมเดลหรือรูปภาพ เป็นวิธีการที่แสดงความคิดของนักเรียนที่ครอบคลุมมากที่สุด

2. การฟัง เช่น ผู้ปกครองและครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดคำตอบอยู่ตลอดเวลาขณะที่ฟังผู้อื่น ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมาก และควรมีเวลาที่เพียงพอในการรับฟังความคิดเห็นของนักเรียนด้วย

3. การอ่าน เช่น ครูผู้สอนควรแนะนำให้นักเรียนอ่านบทความทางคณิตศาสตร์ที่ให้เห็นขั้นตอน ไม่ใช่เพียงแค่การทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือการบ้านเพียงอย่างเดียว

4. การอภิปราย เช่น นักเรียนควรมีการอภิปรายกันในชั้นเรียน โดยแบ่งเป็นการอภิปรายในชั้นเรียนและการแบ่งกลุ่มในการแก้ปัญหาโจทย์

5. การเขียน เช่น การเรียนรู้ในการเขียนแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

5.1 การเรียนรู้โดยการเขียน: ที่เน้นการพัฒนาในด้านการสรุปความ เช่น การพิสูจน์ ไวยากรณ์ การจัดหมวดหมู่ และการสะกดคำ

5.2 การเรียนรู้แบบแสดงผลย้อนกลับ

สรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์คือการใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ หรือโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการแสดงความคิดหรือความสัมพันธ์ โดยเน้นการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ และไดอะแกรม การสะท้อนและให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงภาษาคณิตศาสตร์กับภาษาในชีวิตประจำวัน และการตระหนักถึงความสำคัญของการอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟังในกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียน เข้าใจ อธิบาย และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการเรียนรู้คณิตศาสตร์เกิดขึ้นผ่าน ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ผ่านการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ไม่ใช่แค่การพูดหรือเขียน แต่รวมถึง กระบวนการคิด การใช้ภาษาคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผล นอกจากนี้การคิดทางคณิตศาสตร์เป็นรูปแบบหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถ แปลงแนวคิดนามธรรมเป็นรูปธรรมที่เข้าใจได้ ในขณะที่ผู้เรียนต้องสามารถใช้ภาษาคณิตศาสตร์ แสดงเหตุผล สร้างความหมายของแนวคิด และอภิปรายอย่างมีตรรกะ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึก ดังนั้น การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วยการ ฟัง พูด อ่าน เขียน และนำเสนอ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ แสดงความเข้าใจ อธิบายเหตุผล และนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

2.3.7 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถของผู้เรียนในการรับรู้ ตีความและใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหา อธิบายแนวคิด และเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง โดยความเข้าใจนี้สามารถแบ่งออกเป็นระดับต่าง ๆ ตามแนวคิดของนักวิชาการหลายท่าน ดังนี้

Pirie and Kieren (1994, pp. 24-25) ได้พัฒนา Pirie-Kieren Model เพื่ออธิบายว่า การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นลำดับชั้น เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ไม่ใช่กระบวนการเชิงเส้นตรง (Non-Linear) แต่เป็นสามารถขยาย ย้อนกลับ และพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้นได้ หรือกล่าวว่า เป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนาและย้อนกลับได้ไปทำความเข้าใจระดับก่อนหน้าเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้น แบบจำลองพัฒนาความเข้าใจจากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับที่ซับซ้อนขึ้น มี 8 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้พื้นฐาน (Primitive Knowing) เป็นระดับแรกของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย ความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน อาจเกิดจากการเรียนรู้จากชีวิตประจำวัน หรือจากการสอนขั้นต้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนรู้จักตัวเลข 1-10 และสามารถนับจำนวนได้

2. การสร้างภาพแนวคิด (Image Making) นักเรียนเริ่ม สร้างภาพจำลองของแนวคิด โดยใช้การคิดหรือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อเข้าใจแนวคิดที่เรียน ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนเรียนรู้การบวกและลบ อาจใช้นิ้วมือ หรือแท่งนับเพื่อช่วยคิด

3. การมีภาพแนวคิดในความคิด (Image Having) นักเรียนสามารถ จดจำแนวคิดโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือช่วย สามารถเรียกใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาก่อนเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบวกเลขในใจโดยไม่ต้องใช้นิ้วมือ

4. การตระหนักถึงคุณสมบัติของแนวคิด (Property Noticing) นักเรียนเริ่ม สังเกตคุณสมบัติและรูปแบบของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สามารถแยกแยะและเปรียบเทียบแนวคิดที่เกี่ยวข้องตัว อย่างเช่น นักเรียนสังเกตว่า "จำนวนคู่ + จำนวนคู่ = จำนวนคู่เสมอ"

5. การสรุปเป็นกฎหรือหลักการ (Formalising) นักเรียนสามารถ สรุปแนวคิดที่เรียนเป็นกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายแนวคิด ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายว่า “ผลรวมของมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมคือ 180 องศา”

6. การวิเคราะห์แนวคิด (Observing) นักเรียนสามารถ ตั้งข้อสังเกต วิเคราะห์และตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดที่เรียน สามารถตรวจสอบว่ากฎหรือหลักการที่พบสามารถใช้ได้กับทุกกรณีหรือไม่ ตัวอย่างเช่น นักเรียนตั้งคำถามว่า “ทำไมจำนวนเฉพาะถึงมีเพียง 1 กับตัวมันเองเป็นตัวหาร”

7. การจัดระบบและเชื่อมโยงแนวคิด (Structuring) นักเรียนสามารถ จัดระบบความรู้ และเชื่อมโยงแนวคิดคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันเข้าด้วยกัน สามารถใช้แนวคิดเดิมเพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดใหม่ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจเรื่องเศษส่วนเพื่ออธิบายทศนิยม

8. การนำไปประยุกต์ใช้และคิดค้นสิ่งใหม่ (Inventising) เป็นระดับสูงสุดของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถ นำความรู้ที่มีไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ คิดค้นแนวทางแก้ปัญหาใหม่ หรือพัฒนาแนวคิดที่ซับซ้อนขึ้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถสร้างสูตรคณิตศาสตร์ใหม่จากการทดลองและข้อสังเกต หรือนักเรียนสามารถคิดค้นวิธีพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างจากวิธีที่เรียน

Van Hiele (1959, p. 33) ได้พัฒนา ทฤษฎีระดับการเรียนรู้เรขาคณิต (Van Hiele Levels of Geometric Thought) ซึ่งอธิบายว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการทางความคิดเกี่ยวกับเรขาคณิตเป็นลำดับขั้น โดยระดับความเข้าใจเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอายุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์การเรียนรู้และโอกาสในการพัฒนาทักษะทางเรขาคณิต จำแนกออกเป็น 5 ระดับดังนี้

1. ระดับการจดจำ (Visualization) เป็นระดับพื้นฐานที่สุด ผู้เรียนสามารถจดจำและแยกแยะรูปร่างเรขาคณิตได้โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอก แต่ยังไม่สามารถอธิบายคุณสมบัติ

ทางเรขาคณิตได้อย่างเป็นระบบ ตัวอย่างพฤติกรรม เช่น เด็กสามารถบอกได้ว่ารูปนี้คือ “สามเหลี่ยม” หรือ “สี่เหลี่ยม” เพียงเพราะมีลักษณะเหมือนที่เคยเห็นมาก่อน

2. ระดับการวิเคราะห์ (Analysis) ผู้เรียนเริ่มสามารถ แยกแยะและเข้าใจคุณสมบัติของรูปเรขาคณิต และสามารถอธิบายว่ารูปทรงแต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะอย่างไร ตัวอย่างพฤติกรรม เช่น นักเรียนสามารถอธิบายว่าทำไมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสต้องมีด้านเท่ากันทุกด้าน

3. ระดับการจัดลำดับความสัมพันธ์ (Informal Deduction) ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเรขาคณิต และสามารถใช้เหตุผลทางตรรกะในระดับพื้นฐาน รวมถึงสามารถอธิบายว่า "ถ้าข้อความนี้เป็นจริง ก็จะส่งผลให้ข้อความอื่นเป็นจริงด้วย" ตัวอย่างพฤติกรรมเช่น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า “สี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะมันมีมุมฉาก 4 มุม”

4. ระดับการอนุมาน (Deduction) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถ ใช้เหตุผลเชิงตรรกะและการพิสูจน์ทางเรขาคณิตได้อย่างเป็นระบบ เข้าใจโครงสร้างของการพิสูจน์เรขาคณิต เช่น การใช้สมมติฐาน นิยาม และทฤษฎีบท ตัวอย่างพฤติกรรมเช่น นักเรียนสามารถพิสูจน์ได้ว่า ผลรวมของมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเท่ากับ 180 องศา

5. ระดับความเป็นนามธรรม (Rigor) เป็นระดับสูงสุดของการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้เรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างนามธรรมของคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตในมุมมองที่ลึกซึ้ง และสามารถ เข้าใจระบบเรขาคณิตเชิงนัยทั่วไป (Axiomatic Systems) และแยกแยะระหว่างนิยาม สมมติฐาน และทฤษฎีบท ตัวอย่างพฤติกรรมเช่น นักเรียนสามารถเข้าใจและวิเคราะห์เรขาคณิตยูคลิด (Euclidean Geometry) และเรขาคณิตนอกยูคลิด (Non-Euclidean Geometry)

NCTM (2000, น. 35) กล่าวว่าระดับความเข้าใจเป็นหนึ่งในความสามารถทางคณิตศาสตรี แบ่งออกเป็น 5 ด้านหลักที่สัมพันธ์กันและสนับสนุนซึ่งกันและกัน ดังนี้

1. ระดับความเข้าใจเชิงแนวคิด (Conceptual Understanding) หมายถึงการเข้าใจแนวคิดหลัก โครงสร้าง และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น การเข้าใจว่า *เศษส่วน* หมายถึงอะไร และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนกับทศนิยมได้

2. ระดับความคล่องแคล่วในกระบวนการ (Procedural Fluency) หมายถึงความสามารถในการคำนวณและใช้ขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และมีประสิทธิภาพ เช่น การบวก ลบ คูณ หารเศษส่วน หรือแก้สมการอย่างเป็นขั้นตอน

3. ระดับความสามารถในการใช้กลยุทธ์ (Strategic Competence) หมายถึงความสามารถในการคิดวางแผน เลือกวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา เช่น เลือกใช้สูตร หรือลองผิดลองถูกในวิธีที่เหมาะกับโจทย์นั้น ๆ

4. ระดับการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ (Adaptive Reasoning) หมายถึง การคิดอย่างมีเหตุผล อธิบายแนวคิด หรือให้เหตุผลเบื้องหลังคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหา เช่น การพิสูจน์ว่าโจทย์มีคำตอบเดียว หรืออธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกวิธีนั้น

5. ทัศนคติเชิงบวกต่อคณิตศาสตร์ (Productive Disposition) หมายถึง การเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ มีความมั่นใจ เชื่อมั่นว่า “ฉันสามารถเรียนรู้และใช้คณิตศาสตร์ได้” ส่งผลให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจและความเพียรในการแก้ปัญหา

Benjamin Bloom (1956, pp. 52-53) ได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ Taxonomy of Educational Objectives โดยแบ่งเป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ การจดจำ (Knowledge) ไปจนถึงการคิดเชิงสร้างสรรค์และการตัดสินใจ (Evaluation) แนวคิดนี้ยังคงมี อิทธิพลต่อการศึกษาในปัจจุบัน และถูกนำไปใช้ในการออกแบบหลักสูตร การสอน และการประเมินผลทั่วโลก ซึ่งจำแนกความสามารถทางปัญญา (Cognitive Domain) 6 ระดับ โดยเรียงลำดับจากระดับพื้นฐานไปถึงระดับสูงสุดของการคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) ความสามารถในการจดจำข้อเท็จจริง ข้อมูล หลักการ กฎ หรือแนวคิดพื้นฐานที่ได้เรียนรู้ เป็นระดับพื้นฐานที่สุดของการเรียนรู้ ซึ่งเน้นที่การ จำได้ (Recall) และท่องจำ(Memorization) ตัวอย่างเช่น การจำสูตรคณิตศาสตร์ อาทิ พีทาโกรัส การระบุชื่อเมืองหลวงของประเทศต่าง ๆ และการจำแนกชนิดของพืชตามหมวดหมู่

2. ความเข้าใจ (Comprehension) ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความหมายของข้อมูลที่เรียนรู้ เป็นการทำให้ ข้อมูลที่เรียนรู้มีความหมายและสามารถอธิบายต่อได้ตัวอย่างเช่น การอธิบายว่าสูตรพีทาโกรัสใช้ทำอะไร การสรุปเนื้อหาของเรื่องที่อ่าน และการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นภาษาของตนเอง

3. การนำไปใช้ (Application) ความสามารถในการใช้ความรู้ แนวคิด หรือทฤษฎีไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ๆ เน้นการใช้ทักษะที่เรียนรู้ไปแก้ปัญหา หรือสร้างสิ่งใหม่จากความรู้ที่มีตัวอย่างเช่น การคำนวณพื้นที่ของห้องเพื่อซื้อพรมให้พอดี การใช้กฎของนิวตันเพื่อแก้ปัญหา ทางฟิสิกส์ และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์

4. การวิเคราะห์ (Analysis)ความสามารถในการแยกองค์ประกอบของข้อมูลหรือแนวคิดออกเป็นส่วนย่อย ๆ ช่วยให้เข้าใจโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ว่าเพราะเหตุใดสูตรคณิตศาสตร์จึงใช้ได้ผล การวิจารณ์เนื้อหาของบทความโดยระบุจุดแข็งและจุดอ่อน และการแยกแยะปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) ความสามารถในการรวมแนวคิดหรือองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ เป็นระดับที่เน้นการ คิดสร้างสรรค์ (Creativity) และการพัฒนา

สิ่งใหม่ตัวอย่างเช่น การออกแบบอาคารโดยใช้หลักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ การแต่งเพลงใหม่โดยใช้แนวคิดทางดนตรี และการคิดค้นสูตรอาหารใหม่จากวัตถุดิบเดิม

6. การประเมินค่า (Evaluation) ความสามารถในการตัดสินหรือให้คุณค่าต่อแนวคิด ข้อมูล หรือทฤษฎี ต้องใช้ หลักเหตุผล หลักฐาน และเกณฑ์ในการตัดสินใจ ตัวอย่างเช่น การให้เหตุผลว่าทำไมทฤษฎีหนึ่งจึงถูกต้องมากกว่าทฤษฎีอื่น การเขียนบทวิจารณ์ภาพยนตร์หรือหนังสือโดยใช้เกณฑ์การประเมิน และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการพัฒนาสังคม

Marek (1992, p. 38) ได้แบ่งระดับความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และครอบคลุม มีความเข้าใจทั้งในเชิงลึกและเชื่อมโยงกับแนวคิดอื่นได้อย่างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของการหารเศษส่วน รวมถึงยกตัวอย่างประกอบได้

2. ความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding) หมายถึง ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในบางส่วน แต่ยังขาดความสมบูรณ์หรือรายละเอียดบางประการ อาจตอบถูกในบางกรณี แต่ยังไม่สามารถอธิบายหรือประยุกต์ใช้ได้ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น เข้าใจวิธีหารเศษส่วนโดยสลับตัวส่วน แต่ไม่เข้าใจเหตุผลเบื้องหลัง

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception) หมายถึง การที่มีทั้งความเข้าใจที่ถูกต้องและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนผสมกันผู้เรียนอาจมีความคิดหรือมโนทัศน์ทางเลือกที่ไม่สอดคล้องกับหลักวิชาการในบางแง่มุม ตัวอย่างเช่น เข้าใจว่าเศษส่วน $\frac{1}{2}$ มากกว่า $\frac{1}{3}$ แต่เข้าใจผิดว่าตัวส่วนมากกว่าคือค่าน้อยกว่าเสมอ

4. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception) หมายถึง ความเข้าใจที่ผู้เรียนมีอยู่นั้นขัดแย้งกับแนวคิดทางวิชาการโดยสิ้นเชิง เป็นความเข้าใจที่ผิดพลาดหรือมโนทัศน์ทางเลือกที่ฝังแน่น ตัวอย่างเช่น เข้าใจว่าเศษส่วนที่มีตัวส่วนมากกว่าเสมอคือจำนวนที่มากกว่า

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding) หมายถึง การที่ไม่สามารถอธิบายหรือแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นได้เลย อาจเกิดจากการไม่เคยเรียนรู้มาก่อน หรือความสับสนในเรื่องดังกล่าว ตัวอย่างเช่น ไม่สามารถอธิบายความหมายของเศษส่วนได้เลย หรืออธิบายผิดทั้งหมด

ชาญณรงค์ เฮียงราช (2552, น. 40) ได้นำเสนอทฤษฎี Action-Process-Structure (APS) ซึ่งเป็นกรอบทฤษฎีอธิบายพัฒนาการของความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเชิงลำดับ

ขั้น ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างระดับความเข้าใจในความคิดรวบยอดใหม่ในระดับที่สูงขึ้น ได้จัดระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับความเข้าใจระดับการจัดกระทำ (Action Conceptual Understanding) เป็นระดับเริ่มต้นของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนรับรู้และเข้าใจแนวคิดผ่านการ ลงมือกระทำจริง หรือปฏิบัติตามคำสั่ง โดยยังไม่เข้าใจในภาพรวมของแนวคิดนั้น มักเกิดจากการเรียนรู้แบบทีละขั้นตอน หรือทำตามตัวอย่าง ตัวอย่างเช่น นักเรียนรู้วิธีการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมโดยทำตามขั้นตอนที่ครูสอน แต่ยังไม่เข้าใจว่าเหตุใดจึงใช้สูตรนั้น

2. ระดับความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process Conceptual Understanding) เป็นระดับที่ผู้เรียนเริ่ม เห็นภาพรวมของแนวคิด และสามารถอธิบายแนวคิดนั้นได้ในลักษณะเป็นกระบวนการสามารถประมวลผลทางคณิตศาสตร์ได้ในใจ เข้าใจความหมายของขั้นตอนต่าง ๆ ที่เคยทำ และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าการคูณจำนวนเต็มคือการบวกซ้ำ ๆ และสามารถใช้แนวคิดนี้แก้โจทย์ปัญหาได้หลายรูปแบบ

3. ระดับความเข้าใจระดับโครงสร้าง (Structural Conceptual Understanding) เป็นระดับสูงสุดของความเข้าใจ ผู้เรียนสามารถ มองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในเชิงโครงสร้าง สามารถเปลี่ยนแนวคิดหนึ่งไปสู่แนวคิดใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้น เชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และใช้แนวคิดอย่างยืดหยุ่น ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดของฟังก์ชันกับลำดับ และสามารถเปลี่ยนรูปแบบการแสดงออกของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (เช่น ตาราง $\rightarrow$ สมการ $\rightarrow$ กราฟ) ได้อย่างเข้าใจลึกซึ้ง

สรุปได้ว่า ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นการแสดงถึงความสามารถของผู้เรียนในการรับรู้และเข้าถึงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย โดยเริ่มตั้งแต่การจดจำหรือรู้จักพื้นฐานไปจนถึงการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง การสร้างความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างสร้างสรรค์ ความเข้าใจนี้ไม่ได้เกิดขึ้นทันที แต่เป็นกระบวนการที่ค่อย ๆ พัฒนา และอาจย้อนกลับมาเสริมสร้างระดับก่อนหน้าได้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่มั่นคงและลึกซึ้งยิ่งขึ้น การเรียนรู้ที่ดีจึงควรออกแบบให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ ทดลอง และสื่อสารแนวคิดของตนเองอย่างหลากหลาย แนวคิดเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่มีลำดับขั้น และสามารถส่งเสริมได้ผ่านการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของผู้เรียน

2.4 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

ในการศึกษาทางคณิตศาสตร์ การทำความเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหา เชื่อมโยงแนวคิด และพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ ทฤษฎี APOS (Action, Process, Object, Schema) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย *Dubinsky* และคณะ ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดหนึ่งที่ใช้ในการอธิบายพัฒนาการทางความคิดของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์ดังนี้

Dubinsky and McDonald (2001, pp. 2-3) ได้เสนอหนึ่งในทฤษฎีระดับความเข้าใจที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินและอธิบายพัฒนาการเกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน คือ ทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักวิจัยด้านคณิตศาสตรศึกษา เพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการทำความเข้าใจว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความเข้าใจเชิงมโนทัศน์อย่างไร โดยเฉพาะในแง่ของการจัดการเรียนรู้และการวิเคราะห์การคิดของผู้เรียนในเรื่องที่มีลักษณะเป็นนามธรรม (abstract concepts) โดยทฤษฎี APOS อธิบายว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกิดจากการที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาแนวคิดผ่าน 4 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ระดับการจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process) ระดับวัตถุ (Object) และระดับสร้างเป็นโครงสร้างเชิงการรู้ (Schema) มีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดกระทำ (Action) หมายถึง จุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ การกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไข คำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งจะต้องทำแต่ละขั้นตอนให้เสร็จก่อนที่จะทำขั้นตอนต่อไป โดยอาศัยคำแนะนำจากครูหรือจากตัวอย่าง เป็นการทำที่ยัง ไม่มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เป็นการเรียนรู้เชิงกลไก เช่น ทำตามสูตรหรือวิธีที่ครูบอก ตัวอย่างเช่น การหาค่า $f(2)$ จากสมการ $f(x)=3x+1$ โดยแทนค่า $x=2$ ลงไปแบบตรงไปตรงมา

2. กระบวนการ (Process) หมายถึง ความรู้แจ้งหรือการกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถ พัฒนาความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และสามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้ ในทางตรงกันข้าม วิธีการจัดกระทำนั้นไม่จำเป็นต้องแสดงการกระทำในแต่ละขั้นตอนออกมาความเข้าใจ เมื่อผู้เรียนทำซ้ำการจัดกระทำหลายครั้ง และ เริ่มเข้าใจแนวคิดที่อยู่เบื้องหลังพฤติกรรมการคิดจะพัฒนาเป็นกระบวนการ สามารถจินตนาการขั้นตอนในใจโดยไม่ต้องทำจริงเสมอ เข้าใจ “เหตุและผล” ของขั้นตอนต่าง ตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจว่า $f(x)$ หมายถึงการแทนค่า และสามารถคำนวณค่าของฟังก์ชันในใจได้

3. วัตถุ (Object) หมายถึง ความรู้แจ้งหรือการกระทำที่เกิดจากการที่ความเข้าใจระดับกระบวนการหลาย ๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันถูกนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม หรืออาจกล่าวว่าเมื่อผู้เรียนสามารถมอง “กระบวนการ” ที่เคยทำซ้ำบ่อย ๆ ให้กลายเป็นวัตถุหรือสิ่งที่จับต้องในเชิงนามธรรมได้ สามารถพูดถึงแนวคิดนั้นได้เหมือนสิ่งที่มีตัวตน เช่น “ฟังก์ชันเป็นวัตถุที่สามารถดำเนินการกับมันได้” สามารถเปรียบเทียบแนวคิดต่าง ๆ หรือใช้วัตถุเหล่านี้ในการสร้างแนวคิดใหม่ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจว่าฟังก์ชันไม่ใช่แค่การแทนค่า แต่เป็นวัตถุทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมารวม หรือประยุกต์ในบริบทอื่นได้ เช่น ฟังก์ชันของฟังก์ชัน

4. โครงสร้าง (Schema) หมายถึง ระดับสูงสุดของการพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้ในการแกปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ หรือกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ความเข้าใจในระดับกระบวนการไปสร้างความคิดรวบยอด (Concept) ใหม่ได้ กล่าวคือเมื่อผู้เรียนสามารถ รวมแนวคิดต่าง ๆ เข้าไว้เป็นโครงสร้างความรู้ที่เชื่อมโยงกัน ผู้เรียนสามารถสลับมุมมอง จัดระบบ และประยุกต์ใช้แนวคิดได้อย่างยืดหยุ่น เข้าใจบทบาท ความสัมพันธ์ และสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของฟังก์ชัน เปรียบเทียบกับลำดับ หาความคล้ายคลึงและความแตกต่าง รวมถึงใช้แนวคิดเหล่านี้ในบริบทอื่น เช่น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สรุปได้ว่า ทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) เป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายพัฒนาการของความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยเริ่มจากระดับการจัดกระทำ (Action) ซึ่งเป็นการลงมือทำตามคำสั่งหรือแบบฝึกโดยยังไม่เข้าใจแนวคิดอย่างแท้จริง จากนั้นพัฒนาเป็นระดับกระบวนการ (Process) ซึ่งผู้เรียนเริ่มเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ และสามารถคิดเป็นกระบวนการได้ ต่อมาแนวคิดจะถูกพัฒนาเป็นระดับวัตถุ (Object) ที่ผู้เรียนสามารถมองแนวคิดเป็นสิ่งที่จับต้องได้ในเชิงนามธรรม และสุดท้ายคือระดับโครงสร้าง (Schema) ซึ่งเป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงและจัดระบบแนวคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นองค์ความรู้ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแต่ละองค์ประกอบเชื่อมโยงกัน และช่วยให้ครูสามารถวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างมีระบบ และออกแบบการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียนในแต่ละช่วง ดังภาพที่ 2.2

การลงมือทำ (Action)

⇓

เข้าใจเป็นกระบวนการ (Process)

⇓

เปลี่ยนแนวคิดเป็นวัตถุในจินตนาการ (Object)

⇓

รวมเป็นโครงสร้างความรู้(Schema)

ภาพที่ 2.2 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในบริบทของนักเรียนไทย โดยการศึกษานี้จะอยู่ในกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) งานวิจัยนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติที่แท้จริงของนักเรียนที่เกี่ยวกับระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจเรื่องดังกล่าวอย่างไร ซึ่ง ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์เพื่อนำมากำหนดแนวทางและวางแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนต่อไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
ระดับ 5 (ดีเยี่ยม)	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และสามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	16-20
ระดับ 4 (ดีมาก)	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง	11-15

(ต่อ)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ แต่ไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้		มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันสามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นแต่ไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 3 (ดี)	สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน	6-10

(ต่อ)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		แต่ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น หรือไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 2 (พอใช้)	สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้บางส่วน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถ	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น หรือไม่สามารถ	1-5

(ต่อ)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		สร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้		นำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 1 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน	ไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	ไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	ไม่สามารถเข้าใจเชื่อมโยงแนวคิด ใช้แก้ปัญหาซับซ้อนได้เลยไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	0

2.5 สถานณ์การในชีวิตจริง

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง โดยเฉพาะการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ ตลอดจนสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สถานการณ์ในชีวิตจริง (Real-life Situations) หมายถึง สถานการณ์ ปัญหา หรือบริบทที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ทั้งในครอบครัว โรงเรียน ชุมชน และสังคม เช่น การคำนวณเงินทอนจากการซื้อของการวางแผนใช้จ่ายรายวัน การคำนวณพื้นที่ในการจัดวางสิ่งของ การแปลงหน่วยในสูตรอาหาร หรือแม้แต่การประเมินความคุ้มค่าของโปรโมชั่นต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวัน โดยการนำสถานการณ์เหล่านี้มาเป็นบริบทในการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้งขึ้น มีแรงจูงใจในการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยง และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงยังส่งเสริมการเรียนรู้แบบสร้างความหมาย (Meaningful Learning) ซึ่งผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่เรียนไปเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของตนเอง และขยายความเข้าใจไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้อย่างยืดหยุ่น จึงนับเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้มีความลึกซึ้งและยั่งยืน

2.5.1 ความหมายของสถานการณ์ในชีวิตจริง

ในกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริง “สถานการณ์ในชีวิตจริง” จึงหมายถึง สถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือมีความใกล้เคียงกับบริบทของชีวิตประจำวันของผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการซื้อขาย การเดินทาง การคำนวณเวลา หรือแม้แต่การวางแผนทางการเงิน การนำสถานการณ์เหล่านี้มาใช้ในการเรียนการสอน โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล โดยมีนักวิชาการหลายท่านที่ให้ความหมายของสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังนี้

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], (2000, p. 5) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงนั้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ เพราะการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจะช่วยให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นของคณิตศาสตร์ในโลกแห่งความเป็นจริง ไม่ใช่เพียงแค่การท่องจำสูตรหรือทำแบบฝึกหัดตาม

ตำราเท่านั้น แต่เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย มีเป้าหมาย และสามารถนำไปใช้ได้จริง การเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ พัฒนาความเข้าใจเชิงลึก และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มั่นคงและยั่งยืน ยกตัวอย่างเช่น การคำนวณเงินทอนจากการซื้อของ การเปรียบเทียบราคาในโปรโมชั่น การวางแผนค่าใช้จ่ายในแต่ละวัน หรือแม้แต่การวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟในสื่อออนไลน์ ล้วนเป็นสถานการณ์จริงที่ผู้เรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งหากผู้เรียนได้รับโอกาสในการเรียนรู้ผ่านบริบทเหล่านี้ จะช่วยกระตุ้นความสนใจ ความมั่นใจ และทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น

Boaler, (1993, p. 7) กล่าวว่า การเรียนรู้ในบริบทจริงช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง สร้างความหมายต่อเนื้อหาวิชา และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในฐานะเครื่องมือในการคิดวิเคราะห์และตัดสินใจ กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง จะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนในห้องเรียนเข้ากับประสบการณ์และความเข้าใจที่มีอยู่แล้ว ส่งผลให้เกิดความเข้าใจในระดับโครงสร้างมากกว่าการจดจำเชิงกลไก นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านบริบทจริงยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์ปัญหา การประเมินทางเลือก และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในเชิงวิชาการและในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ยังมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมความสนใจของผู้เรียน เพิ่มแรงจูงใจภายในและช่วยเปลี่ยนทัศนคติของผู้เรียนที่มองว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว ให้กลายเป็นวิชาที่มีความหมายและจำเป็นต่อชีวิตจริง

Meyer, (2010, p. 10) อธิบายว่า การนำบริบทจากสถานการณ์จริงมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงนามธรรมกับประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความหมาย การเรียนรู้ในลักษณะนี้ทำให้คณิตศาสตร์ไม่เป็นเพียงเพียงชุดของสูตรหรือวิธีการที่ต้องจดจำเท่านั้น แต่เป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตจริง ผู้เรียนจะรู้สึกว่าเนื้อหาทางคณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับตนเอง มีความสำคัญต่อการใช้ชีวิต และสามารถช่วยในการแก้ปัญหาได้อย่างแท้จริง แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ซึ่งหมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาของตนเองได้ การเชื่อมโยงนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้น เข้าใจแนวคิดในระดับลึก และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้อย่างยืดหยุ่น นอกจากนี้ การเรียนรู้ในบริบทจริงยังมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การตั้งคำถาม การตรวจสอบข้อสมมุติ และการวิเคราะห์ทางเลือก ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่สอดคล้องกับ

ลักษณะของการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ดังนั้น การบูรณาการบริบทจริงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง และพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบอีกด้วย

Schoenfeld, (1992, p.12) กล่าวว่า การใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner-Centered Approach) โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ผ่านการตั้งคำถาม สำรวจ ทดลอง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีอิสระ ภายใต้บริบทที่มีความหมายและสัมพันธ์กับประสบการณ์ของผู้เรียนโดยตรง เมื่อผู้เรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม จะเกิดความสนใจและแรงจูงใจภายในในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งต่างจากการเรียนรู้เชิงท่องจำที่มักเป็นแบบแยกส่วน ขาดความต่อเนื่อง และไม่สัมพันธ์กับชีวิตจริง นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่มีบริบทจริงยังช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ ฝึกฝนทักษะในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาตลอดจนรู้สึกว่าตนเองสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเสริมสร้าง ความเชื่อมั่นในตนเอง (Self-Confidence) ซึ่งเป็นปัจจัยจิตวิทยาสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในระยะยาว ดังนั้น การเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริงตามแนวคิดของ (Schoenfeld, 1992) จึงไม่เพียงตอบสนองต่อเป้าหมายด้านเนื้อหา แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมพัฒนาการด้านทัศนคติ แรงจูงใจ และความเชื่อมั่นในตนเอง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า สถานการณ์ในชีวิตจริง (Real-life Situations) หมายถึง สถานการณ์หรือปัญหาที่ผู้เรียนอาจประสบพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น การคำนวณค่าใช้จ่าย การเปรียบเทียบราคา การวางแผนเวลา หรือการประเมินข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เป็นต้น โดยการนำสถานการณ์เหล่านี้มาบูรณาการในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์เดิม พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ซึ่งการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงในชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ผ่านบริบทจริงยังช่วยกระตุ้นความสนใจ เพิ่มแรงจูงใจ ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และเสริมสร้างความเชื่อมั่นในตนเอง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.5.2 ความสำคัญของการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง

การเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับประสบการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวัน ซึ่งก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) มากกว่าการจดจำแบบแยกส่วน (Meyer, 2010, p. 10) การเรียนรู้ในบริบทที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงยังช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงโครงสร้าง พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์ เช่น การวางแผนการเงิน การเปรียบเทียบข้อมูล การอ่านกราฟจากสื่อ หรือการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริงยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการส่งเสริมทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้และสร้างความเชื่อมั่นในตนเอง (Boaler, 1993, p. 7, Schoenfeld, 1992, p. 12) ผู้เรียนที่เห็นว่าคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ได้จริงจะเกิดความกระตือรือร้น และมีความพยายามในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถฝึกฝนกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 (NCTM, 2000, p. 5) ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นบริบทชีวิตจริงจึงไม่เพียงแต่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ แต่ยังพัฒนาองค์รวมของผู้เรียนในด้านความคิด ทักษะ เจตคติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจโลกความเป็นจริงและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ฝึกให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมีความรับผิดชอบต่อสังคม เตรียมความพร้อมให้นักเรียนสำหรับอนาคต และการทำงาน ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ลำดับ	ประเด็นความสำคัญ	ความสำคัญต่อผู้เรียน
1	ความเข้าใจเชิงแนวคิดเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับประสบการณ์ของตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและเข้าใจเนื้อหาในระดับลึก
2	พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์	การเรียนรู้ผ่านบริบทจริงส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์ปัญหา และการตัดสินใจอย่างรอบคอบ ฝึกกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีระบบและมีเหตุผล

(ต่อ)

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ลำดับ	ประเด็นความสำคัญ	ความสำคัญต่อผู้เรียน
3	ส่งเสริมแรงจูงใจ	สถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยสร้างความสนใจและแรงจูงใจภายใน ทำให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจในการเรียนรู้มากขึ้น
4	สร้างความเชื่อมั่นในตนเอง	ผู้เรียนมีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง เห็นผลลัพธ์ของความรู้ ทำให้เกิดความมั่นใจว่าสามารถเรียนรู้และใช้คณิตศาสตร์ได้
5	สนับสนุนการแก้ปัญหา	ผู้เรียนได้ฝึกใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจริง ส่งผลให้พัฒนากระบวนการคิดและการตัดสินใจในสถานการณ์ที่หลากหลาย
6	การประยุกต์ใช้เตรียมพร้อมสู่ชีวิตจริง	ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ เช่น การเงิน การวางแผน การคิดเชิงเปรียบเทียบ เป็นต้น

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริงมีความสำคัญในหลายด้าน ทั้งในด้านการเชื่อมโยงแนวคิดกับประสบการณ์ของผู้เรียน การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การส่งเสริมแรงจูงใจและความเชื่อมั่นในตนเอง ตลอดจนการเตรียมความพร้อมในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งล้วนเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการคิดและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างรอบด้าน

2.5.3 วิธีการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง

การเรียนรู้จะมีความหมายและยั่งยืนมากขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชากับโลกแห่งความจริง “การเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง” จึงเป็นแนวทางที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ผ่านปัญหาหรือบริบทที่พบเจอในชีวิตประจำวัน โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทในการสังเกต วิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา และตัดสินใจด้วยตนเอง ซึ่งไม่เพียงช่วยพัฒนาทักษะความรู้ในวิชาเฉพาะเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการนำความรู้ไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีนักวิชาการหลายท่านกล่าวถึงวิธีการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังนี้

Kolb (1984, p. 115) เสนอแนวทางที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning Theory) ระบุว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ

ประสบการณ์ ซึ่งการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง (Real-life Situations) เป็นแนวทางการสอนที่นำประสบการณ์หรือปัญหาที่ผู้เรียนพบเจอในชีวิตประจำวันมาบูรณาการในการเรียนการสอน เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะที่สามารถนำไปใช้ได้จริง วิธีการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงมีหลายรูปแบบ ดังนี้

1. การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ (Learning by Doing) หมายถึง การเรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง ช่วยให้ผู้เรียนได้เผชิญกับความท้าทายและประสบการณ์ตรง ซึ่งส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจ

2. การเรียนรู้ผ่านกรณีศึกษา (Case Study) หมายถึง การนำสถานการณ์จริงมาเป็นตัวกลางในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนฝึกทักษะการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจในบริบทที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง

3. การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-Based Learning) หมายถึง แนวทางที่ทำให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง มองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ และพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

4. การเรียนรู้เชิงสถานการณ์ (Situated Learning) หมายถึง การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในบริบทหรือสถาการณ์ที่แท้จริง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันในอนาคต

5. การเรียนรู้แบบ (Active Learning) หมายถึง การเรียนการสอนที่พัฒนาศักยภาพทางสมอง ได้แก่การคิด การแก้ปัญหา และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ การนำวิธีการเหล่านี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์จริง พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และเตรียมความพร้อมสำหรับการเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Saxe (1987, p. 59) ได้ศึกษาการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในบริบททางวัฒนธรรม โดยเฉพาะการเรียนรู้ของเด็กและเยาวชนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางเศรษฐกิจ เช่น การขายของในตลาดหรือร้านค้าเล็ก ๆ ผลการศึกษาพบว่า เด็กที่มีประสบการณ์จากสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร ได้จากประสบการณ์ตรง แม้จะไม่ได้รับการสอนในเชิงวิชาการโดยตรงก็ตาม งานวิจัยของ Saxe จึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของบริบททางสังคมและวัฒนธรรมในการส่งเสริมพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

Jordan, et al. (2012, pp. 14-16) ได้พัฒนาหลักสูตร *Number Sense Interventions* ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีความเสี่ยงในการเรียนคณิตศาสตร์ หลักสูตรนี้เน้นการสอนผ่านสถานการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้เงิน

การจัดของ การนับสิ่งของ และการประเมินจำนวน ผลการวิจัยพบว่าหลักสูตรดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ดีขึ้นในแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวน (Number Sense) รวมถึงมีพัฒนาการด้านการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

McLaren and Forlizzi (2017, p. 38) ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้ดิจิทัลชื่อ *Decimal Point* ซึ่งออกแบบมาเพื่อสอนเรื่องเศษส่วนทศนิยมให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยสื่อนี้มีลักษณะเป็นเกมการเรียนรู้ที่มีบริบทของสถานการณ์จริงเป็นพื้นฐาน เช่น การซื้อขาย การใช้เงิน หรือการเปรียบเทียบปริมาณในชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยพบว่า สื่อดังกล่าวไม่เพียงช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงแนวคิดของนักเรียนในเรื่องเศษส่วนทศนิยม แต่ยังเพิ่มระดับความสนุกสนานและแรงจูงใจในการเรียนรู้อีกด้วย แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีและบริบทจริงร่วมกันสามารถส่งผลเชิงบวกต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า การเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์จริง เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม แนวทางการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ล้วนแสดงให้เห็นถึงผลเชิงบวกทั้งในด้านความเข้าใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การใช้เหตุผล และแรงจูงใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงจึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีคุณภาพอย่างรอบด้าน

2.5.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริง

การจัดการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นแนวทางที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยเชื่อมโยงแนวคิดทางวิชาการเข้ากับประสบการณ์หรือปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวัน เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึก ทักษะการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ได้จริง นักวิจัยหลายท่านได้เสนอแนวทางและขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงดังนี้

2.5.4.1 การกำหนดสถานการณ์หรือบริบท (Situation Design) เป็นขั้นตอนแรกคือการเลือกหรือสร้างสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงของผู้เรียน เช่น สถานการณ์ในครอบครัว โรงเรียน ชุมชน หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสังคม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ (สุนทรี พิพิธนิตย์, 2560) สถานการณ์ควรมีความชัดเจน ท้าทาย และเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้

2.5.4.2 การสำรวจและศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Knowledge Exploration) เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หรือความรู้พื้นฐาน

ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ เพื่อวางรากฐานในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา (ประภาส นันทวรสกุล, 2558) ผู้เรียนอาจศึกษาจากหนังสือ แบบฝึก คลิปวิดีโอ หรือการอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อน

2.5.4.3 การลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหา (Practice and Problem Solving) ผู้เรียนลงมือวิเคราะห์สถานการณ์ วางแผน และแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกระบวนการนี้ส่งเสริมให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ การใช้เหตุผล และการทำงานร่วมกันในกลุ่ม (ธันยพร สีเสนาะ, 2564) โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีเป้าหมาย

2.5.4.4 การสะท้อนคิดและอภิปราย (Reflection & Discussion) หลังจากการปฏิบัติผู้เรียนควรได้สะท้อนคิดถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ อุปสรรคที่พบ และวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนกับครูหรือเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งช่วยให้เกิดการตรวจสอบความเข้าใจและต่อยอดแนวคิดได้อย่างลึกซึ้ง (อรุณี เทพาคำ, 2562)

2.5.4.5 การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Application and Extension) ในขั้นตอนสุดท้ายผู้เรียนได้นำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงหรือแตกต่างออกไป เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ศิริพร แซ่ตัน, 2561)

2.5.5 ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

ในชีวิตประจำวัน เรามักพบเจอสถานการณ์ที่ต้องใช้การนับเพื่อหาความเป็นไปได้หรือจัดลำดับสิ่งต่าง ๆ อยู่เสมอ เช่น การเลือกชุดเสื้อผ้า การวางแผนเส้นทางการเดินทาง หรือการจัดตารางกิจกรรม หลักการนับเบื้องต้น เช่น กฎการบวกและกฎการคูณ จึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้เราคิดและวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างเป็นระบบ บทเรียนนี้จะนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์จริงที่เชื่อมโยงหลักการนับกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เข้าใจการประยุกต์ใช้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ที่1: นักเรียนได้รับมอบหมายให้ช่วยคุณครูจัดโต๊ะอาหารสำหรับงานเลี้ยงวันครูในโรงเรียน โดยในงานมีเก้าอี้ 4 ตัว และมีผ้าคลุมเก้าอี้ให้เลือก 3 สี ได้แก่ สีแดง สีฟ้า และสีขาว นักเรียนต้องเลือกสีของผ้าคลุมให้กับเก้าอี้แต่ละตัว โดยสามารถเลือกสีซ้ำกันได้

คำถาม : นักเรียนสามารถจัดสีผ้าคลุมให้กับเก้าอี้ทั้ง 4 ตัวได้กี่แบบ?

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : หลักการนับแบบ การเรียงลำดับ (Permutation) หากสีที่ใช้มีการจัดลำดับ หรือ หลักการคูณ (Fundamental Counting Principle) หากต้องการหาจำนวนวิธีเลือกในแต่ละตำแหน่ง (3 สี ให้เลือก 4 ตัว นั่นคือ $3\times3\times3\times3=81$ วิธี)

สถานการณ์ที่2: การแต่งตัวไปทัศนศึกษานักเรียนมีเสื้อ 2 ตัว กางเกง 3 ตัว และรองเท้า 2 คู่ ถ้าจะเลือกแต่งตัวไปทัศนศึกษาโดยใส่เสื้อ กางเกง และรองเท้าอย่างละ 1 ชุด นักเรียนจะมีวิธีเลือกชุดได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม : นักเรียนจะมีวิธีเลือกชุดได้ทั้งหมดกี่แบบ?

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : หลักการคูณ (Fundamental Counting Principle) $\rightarrow$ เลือกเสื้อ 2 แบบ × กางเกง 3 แบบ × รองเท้า 2 แบบ นั่นคือ $2\times3\times2=12$ แบบ

สถานการณ์ที่3: การจัดตารางกิจกรรมในงานสัปดาห์คณิตศาสตร์ มีเกมให้เลือกเล่น 4 ฐานกิจกรรม และนักเรียนต้องเลือกเล่น 2 ฐานโดยไม่ซ้ำกัน จะมีวิธีเลือกฐานกิจกรรมได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม : จะมีวิธีเลือกฐานกิจกรรมได้ทั้งหมดกี่แบบ

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การจัดหมู่ (Combination) $\rightarrow$ ใช้การ "เลือก" คือการเลือก 2 จาก 4 โดยไม่สนลำดับ ใช้สูตร $C_{n,r}=nCr=\frac{n!}{(n-r)!r!}$ นั่นคือ $4C2=\frac{4!}{(4-2)!2!}=6$ แบบ

สถานการณ์ที่4: การจัดโต๊ะเรียนนักเรียน 5 คนจะนั่งที่โต๊ะเรียนเรียงกัน 5 ที่นั่ง มีวิธีจัดที่นั่งได้ทั้งหมดกี่วิธี

คำถาม : มีวิธีจัดที่นั่งนักเรียน 5 คน ได้ทั้งหมดกี่วิธี

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การเรียงลำดับ (Permutation) $\rightarrow$ เรียง 5 คน ในที่นั่ง 5 ที่ ใช้สูตร $P_{n,r}=\frac{n!}{(n-r)!}$ นั่นคือ $P_{5,5}=\frac{5!}{(5-5)!}=5!=5\times4\times3\times2\times1=120$ วิธี

สถานการณ์ที่5: การสร้างรหัสนักเรียนซึ่งนักเรียนต้องตั้งรหัสผ่านสำหรับล็อกอินเข้าเว็บไซต์โรงเรียน โดยใช้ตัวเลข 3 หลัก โดยแต่ละหลักไม่ซ้ำกันเลย จะสามารถสร้างรหัสได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม: จะสามารถสร้างรหัสได้ทั้งหมดกี่แบบ

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การเรียงลำดับของตัวเลข (Permutation) โดยไม่ซ้ำกัน จำนวนตัวเลขที่เลือกจาก 0–9 มี 10 ตัวเลือก เลือก 3 ตัวมาเรียงลำดับโดยไม่ซ้ำ โดยใช่สูตร ใช้สูตร $P_{n,r}=\frac{n!}{(n-r)!}$ นั่นคือ $P_{10,3}=\frac{10!}{(10-3)!}=10\times9\times8=720$ แบบ

สถานการณ์ที่6 : การเลือกชุดนักแสดงละครในกิจกรรมวันสุนทรภู่ นักเรียนต้องเลือกตัวละคร 3 คนจากทั้งหมด 6 คนมาแสดงละคร โดยไม่สนลำดับการเลือก จะมีวิธีเลือกได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม : จะมีวิธีเลือกได้ทั้งหมดกี่แบบ

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การจัดหมู่ (Combination) $\rightarrow$ เลือก 3 จาก 6 โดยไม่สนลำดับ $6C3=\frac{6!}{(6-3)!3!}=20$ แบบ

สถานการณ์ที่7 : การเลือกเครื่องดื่มจากร้านน้ำผลไม้มีน้ำให้เลือก 3 ชนิด: ส้ม, แอปเปิล, องุ่น และสามารถเลือกท็อปปิ้งได้ 2 อย่างจากทั้งหมด 4 อย่าง โดยไม่ซ้ำกัน จะมีวิธีเลือกเครื่องดื่มพร้อมท็อปปิ้งได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม : จะมีวิธีเลือกเครื่องดื่มพร้อมท็อปปิ้งได้ทั้งหมดกี่แบบ

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การจัดหมู่ (Combination) $\rightarrow$ เลือกน้ำผลไม้ 3 แบบเลือกท็อปปิ้ง 2 อย่างจาก 4 แบบโดยไม่เรียงลำดับ $\rightarrow$ $4C2 = 6$ และใช้หลักการคูณ (Fundamental Counting Principle) $\rightarrow$ $3 \times 6 = 18$ แบบ

สถานการณ์ที่8 : การเลือกทางเดินของนักเรียนโดยเดินทางจากบ้านไปโรงเรียน โดยมีทางเลือก 2 เส้นทางในแต่ละช่วง (ต้นทาง–กลางทาง–โรงเรียน) รวมทั้งหมด 3 ช่วงจะมีวิธีเดินทางได้ทั้งหมดกี่เส้นทาง

คำถาม : จะมีวิธีเดินทางได้ทั้งหมดกี่เส้นทาง

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : (Fundamental Counting Principle) $\rightarrow$ แต่ละช่วงมี 2 ทาง $2 \times 2 \times 2 = 8$ เส้นทาง

สถานการณ์ที่9 : การเลือกหนังสืออ่านเล่นในห้องสมุดมีหนังสือ 10 เล่ม นักเรียนต้องเลือกมาอ่าน 4 เล่ม โดยไม่สนลำดับ จะมีวิธีเลือกได้ทั้งหมดกี่แบบ

คำถาม : จะมีวิธีเลือกได้ทั้งหมดกี่แบบ

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ : การจัดหมู่ (Combination) $\rightarrow$ $10C4 = 210$ แบบ

2.6 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นปัจจัยที่ช่วยลดระดับความเครียดของผู้ปฏิบัติงานได้ หากบุคคลเผชิญกับความเครียดในระดับสูง ย่อมส่งผลต่อความไม่พึงพอใจในการทำงาน ทั้งนี้ ความเครียดมักเกิดจากความต้องการของมนุษย์ที่ยังไม่ได้รับการตอบสนอง เมื่อบุคคลสามารถหาวิธีตอบสนองความต้องการของตนเองได้ ความเครียดก็จะลดลงหรือหมดไป ส่งผลให้ระดับความพึงพอใจเพิ่มสูงขึ้น (Morsc, 1958, p. 27) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.6.1 ความหมายความพึงพอใจ และองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ

แนวคิดเกี่ยวกับ “ความพึงพอใจ” ได้รับการอธิบายจากหลากหลายมุมมอง ทั้งในเชิงจิตวิทยาการศึกษา และการจัดการ โดยแต่ละท่านให้นิยามที่สะท้อนถึงองค์ประกอบสำคัญของความพึงพอใจ เช่น ความคาดหวัง ผลลัพธ์ และประสบการณ์ส่วนบุคคล มีนักการศึกษา กล่าวถึงความหมายความพึง

พอใจ และองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ นักวิจัยหลายท่านอธิบายถึงความหมายความพึงพอใจและองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ ดังนี้

Wallerstein (1971 pp. 15) อธิบายว่า ความพึงพอใจเป็นสภาวะทางจิตใจที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับผลลัพธ์ตามที่ตนมุ่งหวังหรือคาดหมายไว้ โดยถือเป็นกระบวนการภายในทางจิตวิทยาที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงด้วยตาเปล่า แต่สามารถรับรู้หรือคาดคะเนได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกภายนอก เช่น ท่าที สีหน้า น้ำเสียง หรือการตอบสนองเชิงบวกของบุคคล ความพึงพอใจในลักษณะนี้จึงไม่ใช่เพียงการวัดจากผลสำเร็จเชิงปริมาณ แต่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ในมุมมองของบุคคลนั้นเองว่า “เพียงพอ” หรือ “ตรงกับความคาดหวัง” หรือไม่ โดยมองว่าเป็นสถานะทางอารมณ์เชิงบวก ที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับสิ่งที่ตนต้องการหรือตรงกับความคาดหวัง ความพึงพอใจในที่นี้จึงเกี่ยวข้องกับความรู้สึกภายใน และสามารถสะท้อนออกมาเป็นปฏิกิริยาหรือพฤติกรรมเชิงบวก ซึ่งบ่งชี้ถึงการรับรู้ว่าความต้องการของตนได้รับการตอบสนองแล้ว

Good (1973, p. 1) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง การประเมินหรือการตอบสนองต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริง หากผลลัพธ์ต่ำกว่าความคาดหวัง บุคคลอาจเกิดความรู้สึกผิดหวังหรือไม่พอใจ ในทางกลับกัน หากผลลัพธ์สอดคล้องหรือเกินกว่าความคาดหวัง ก็จะเกิดความรู้สึกพึงพอใจ ซึ่งแนวคิดนี้เน้นให้เห็นว่า “ความคาดหวัง” เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อระดับความพึงพอใจ

Locke (1976, p. 3) ขยายแนวคิดต่อเนื่องว่า ความพึงพอใจเป็นผลลัพธ์จากการประเมินทางอารมณ์ที่บุคคลมีต่อประสบการณ์ในงานหรือชีวิต โดยพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างประสบการณ์จริงกับเป้าหมาย ความคาดหวัง และคุณค่าของแต่ละบุคคล ความพึงพอใจจึงไม่ใช่เรื่องของผลลัพธ์เพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตีความและความหมายที่บุคคลมอบให้แก่ประสบการณ์นั้น ๆ ด้วย

Oliver (1980, p. 5) ได้เสนอกรอบแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน โดยอธิบายว่า ความพึงพอใจเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่าง “ความคาดหวัง” กับ “ผลลัพธ์ที่ได้รับจริง” (Perceived Performance) หากผลลัพธ์สูงกว่าหรือเท่ากับสิ่งที่คาดหวังไว้ บุคคลจะเกิดความพึงพอใจ แต่หากต่ำกว่าคาดหวัง ก็จะเกิดความไม่พึงพอใจ ซึ่งแนวคิดนี้เป็นพื้นฐานของหลายโมเดลในการประเมินคุณภาพการบริการหรือประสบการณ์ของผู้ใช้ (เช่น SERVQUAL)

UNESCO (2015, p. 10) ได้ให้คำนิยามของความพึงพอใจในบริบทของการศึกษาไว้ว่าเป็นการตอบสนองของผู้เรียนต่อประสบการณ์ทางการศึกษาที่ได้รับ ซึ่งต้องเชื่อมโยงกับการพัฒนาศักยภาพ ความมั่นใจ และทักษะชีวิตของผู้เรียน นั่นคือ ความพึงพอใจทางการศึกษาไม่ได้จำกัดอยู่แค่

ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ แต่ยังรวมถึงคุณภาพของประสบการณ์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมายและการเติบโตของผู้เรียนในระยะยาว

อารี พันธ์มณี (2546, น. 72) ได้กล่าวถึงสิ่งจูงใจที่มีผลต่อความพึงพอใจของบุคลากรในการทำงาน โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุ เช่น เงินทอง สิ่งของ หรือสภาพทางกายภาพที่มอบให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน และ สิ่งจูงใจที่ไม่ใช่วัตถุ เช่น เกียรติยศหรือสิทธิพิเศษ

2. สภาพทางกายที่พึงปรารถนา ได้แก่ การจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการทำงาน เช่น เครื่องมือหรือสิ่งอำนวยความสะดวก

3. ผลประโยชน์ทางอุดมคติ เช่น ความภาคภูมิใจในการแสดงความสามารถ หรือความจงรักภักดีต่อองค์กร

4. ความดึงดูดทางสังคม คือ ความสัมพันธ์ที่ดีภายในองค์กร และความมั่นคงทางสังคม ซึ่งช่วยสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน

5) โอกาสในการมีส่วนร่วม โดยการปรับงานให้เหมาะสมกับบุคคล และเปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความรู้สึกมีคุณค่าในตนเอง

ปาริชาติ สังข์ขาว (2551, น. 5) อธิบายว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกในทางบวกของบุคคล อันประกอบด้วยความชอบ ความสบายใจ และความสุข ซึ่งสะท้อนถึงการตอบสนองความต้องการในด้านต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพและจิตใจ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2553, น. 9) อธิบายว่า ความพึงพอใจคือ ความรู้สึกในเชิงบวกที่บุคคลมีต่อการทำงาน ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติงานแล้วได้รับผลตอบแทนที่สอดคล้องกับความคาดหวัง ทำให้เกิดความสุข ความกระตือรือร้น ความมุ่งมั่น รวมถึงขวัญและกำลังใจที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จของงาน

จรัส โพธิ์จันทร์ (2553, น. 7) อธิบายว่า ความพึงพอใจคือความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อหน่วยงาน ซึ่งอาจเป็นความรู้สึกในเชิงบวก เป็นกลาง หรือเชิงลบ โดยความรู้สึกเหล่านี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน กล่าวคือ หากมีความรู้สึกในเชิงบวก การปฏิบัติงานจะมีประสิทธิภาพสูง ในทางกลับกัน หากรู้สึกในเชิงลบก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

ชาลี เจริญลาภ (2556, น. 12) กล่าวว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนคือทัศนคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งแสดงออกผ่านความรู้สึกที่ดีต่อกิจกรรมนั้น และส่งผลต่อความพึงพอใจในการเรียนรู้

พรทิพย์ เดชพิชัย และคณะ (2557, น. 3) กล่าวเพิ่มเติมในบริบทของการศึกษา โดยระบุว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อกระบวนการเรียนรู้ อันเกิดจากความชอบ

ความประทับใจ และประสบการณ์ที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิธีการประเมินผล รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะสะท้อนออกมาเมื่อผู้เรียนรู้สึกว่าได้รับสิ่งที่ต้องการหรือประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย

อรสา พิบูลย์ไพศาล (2557, น. 46) กล่าวว่า ความพึงพอใจคือความรู้สึกในแง่บวกที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริง โดยความรู้สึกนี้เป็นแรงผลักดันภายในที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

ธีระพล บุณยงค์พันธ์ (2558, น. 52) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้ คือ ความรู้สึกพอใจของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนและผลลัพธ์ของกิจกรรมที่ดำเนินไปจนบรรลุผลสำเร็จ

กชกร เป้าสุวรรณ และคณะ (2560, น. 28) อธิบายว่า ความพึงพอใจควรเป็นไปตามความต้องการของบุคคล โดยถือเป็นผลสะท้อนจากทัศนคติที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นผลรวมจากหลายองค์ประกอบทางจิตใจที่สัมพันธ์กับประสบการณ์ที่ได้รับ ไม่ว่าจะมากหรือน้อย ความรู้สึกนี้ส่งผลต่อพฤติกรรม หากไม่ได้รับตามที่คาดหวัง อาจทำให้เกิดความไม่พึงพอใจ ในทางตรงกันข้าม หากสิ่งที่ได้รับเกินกว่าความคาดหวัง ก็จะเพิ่มระดับความพึงพอใจขึ้นตามลำดับ แต่หากประสบการณ์นั้นสร้างความรู้สึกผิดหวังอย่างรุนแรง ก็อาจก่อให้เกิดความรู้สึกชอกช้ำและไม่พึงพอใจได้เช่นกัน

ธีรพงษ์ ศรีสุวรรณ (2560, น. 42) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดจากประสบการณ์ตรงหรือจากความคาดหวัง และหากสิ่งที่ได้รับสอดคล้องกับความคาดหวังนั้น ก็จะก่อให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจ

ธนยวัฒน์ ไทยเจริญ (2561, น. 31) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจในบริบทของการบริการ คือความรู้สึกเชิงบวกที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลเปรียบเทียบระหว่างประสบการณ์ที่ได้รับกับความคาดหวังของตนเอง หากสิ่งที่ได้รับเท่ากับหรือมากกว่าที่คาดหวังไว้ ก็จะนำไปสู่ความพึงพอใจ เช่น ความชัดเจนของข้อมูล ความสะดวกในการใช้บริการ การให้บริการที่เหมาะสม รวมถึงค่าธรรมเนียมที่สมเหตุสมผล

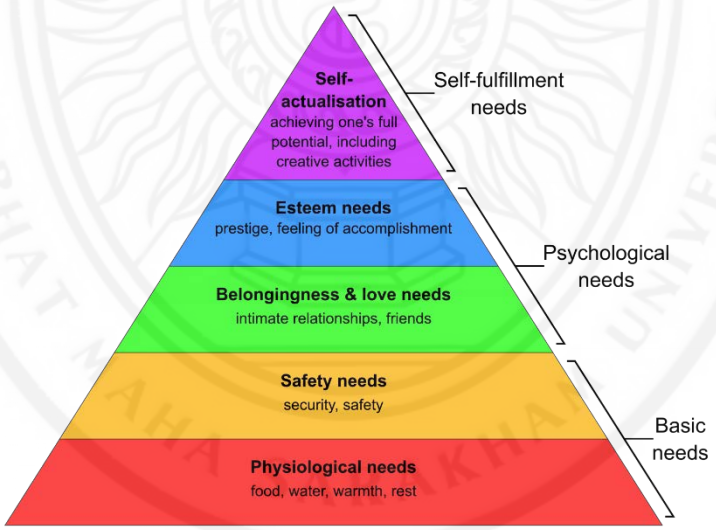
จากแนวคิดของนักวิชาการหลายท่านสามารถสรุปได้ว่า ความพึงพอใจคือสภาวะทางอารมณ์เชิงบวกที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับผลลัพธ์ที่สอดคล้องหรือเกินกว่าความคาดหวังของตน โดยมีพื้นฐานจากการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริง ซึ่งส่งผลต่อความรู้สึก ความชอบ ความประทับใจ และความสุขใจในระดับบุคคล ไม่ว่าจะในบริบทของการทำงาน การเรียนรู้ หรือการรับบริการ ทั้งนี้ความพึงพอใจยังสามารถสะท้อนผ่านพฤติกรรมที่แสดงออก เช่น การมีแรงจูงใจ ความกระตือรือร้น ความผูกพันต่อองค์กร หรือความมั่นใจในการเรียนรู้ นอกจากนี้ ยังมีองค์ประกอบที่ส่งเสริมความพึงพอใจ ได้แก่ สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุและไม่ใช่วัตถุ สภาพแวดล้อมในการทำงานหรือเรียนรู้ ความสัมพันธ์

ทางสังคม การมีส่วนร่วม และโอกาสในการแสดงศักยภาพ ซึ่งล้วนมีผลต่อความรู้สึกว่าตนเองได้รับการตอบสนองตามความต้องการ และส่งผลต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จในที่สุด

2.6.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นแนวคิดที่มีบทบาทสำคัญในหลากหลายบริบท ทั้งในด้านการศึกษา การบริการ การบริหารจัดการ รวมถึงจิตวิทยา โดยหมายถึง ความรู้สึกทางบวกที่เกิดขึ้น เมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์หรือผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความคาดหวัง ความต้องการ หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ ความพึงพอใจไม่เพียงเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของสิ่งที่ได้รับ แต่ยังมีอิทธิพลต่อแรงจูงใจ ความผูกพัน และพฤติกรรมในอนาคต ดังนั้น การศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวกับความพึงพอใจจึงเป็นสิ่งสำคัญ นักวิจัยหลายท่านอธิบายถึงความหมายความพึงพอใจ และองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ ดังนี้

Maslow (1943, p. 13) นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ (Hierarchy of Needs) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ ความต้องการทางกายภาพ ความปลอดภัย ความรักและการเป็นเจ้าของ ความเคารพนับถือ และการเติมเต็มตนเอง (Self-Actualization) โดย Maslow เชื่อว่าความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลสามารถตอบสนองความต้องการในแต่ละขั้นได้อย่างเพียงพอและต่อเนื่อง และยิ่งสามารถเติมเต็มในระดับสูงสุดได้มากเท่าไร ก็จะยิ่งส่งผลให้บุคคลเกิดความพึงพอใจและความสมดุลทางจิตใจมากยิ่งขึ้น แนวคิดนี้จึงเป็นรากฐานสำคัญของการอธิบายแรงจูงใจและความพึงพอใจในหลายบริบท ทั้งการศึกษา การทำงาน และชีวิตส่วนตัว ปรากฏดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ตามแนวคิดของ Maslow (1943), *ปรับปรุงจาก Maslow (1943), "A Theory of Human Motivation"*

จากภาพที่ 2.3 ลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ตามแนวคิดของ Maslow (1943) มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น อาหาร น้ำ อากาศ ที่อยู่อาศัย และการพักผ่อน ความต้องการในขั้นนี้มีความเร่งด่วนและมีอิทธิพลอย่างสูงต่อพฤติกรรมของมนุษย์ หากไม่ได้รับการตอบสนอง บุคคลจะไม่สามารถมุ่งสู่ความต้องการในระดับที่สูงขึ้นได้

ขั้นที่ 2 ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย (Safety Needs) เมื่อความต้องการทางร่างกายได้รับการตอบสนองแล้ว มนุษย์จะมุ่งแสวงหาความมั่นคงในชีวิต เช่น ความปลอดภัยจากอันตราย ความมั่นคงในที่อยู่อาศัย การมีงานทำที่มั่นคง และการใช้ชีวิตในสังคมที่มีระเบียบ กฎหมาย และความสงบเรียบร้อย ความต้องการในระดับนี้สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มของมนุษย์ที่ปรารถนาเสถียรภาพในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 3 ความต้องการความรักและความเป็นส่วนหนึ่งในสังคม (Love and Belonging Needs) เป็นความต้องการด้านสัมพันธภาพ เช่น การมีเพื่อน การเป็นที่รักของผู้อื่น และการได้รับการยอมรับจากกลุ่ม มนุษย์ต้องการรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของสังคมหรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงความรู้สึกโดดเดี่ยว อ้างว้าง หรือถูกทอดทิ้ง ความต้องการในขั้นนี้เกี่ยวข้องกับความผูกพันทางอารมณ์และสังคม

ขั้นที่ 4 ความต้องการเกียรติยศและศักดิ์ศรี (Esteem Needs) เป็นความต้องการในด้านการได้รับการยอมรับ การยกย่อง และความภาคภูมิใจในตนเอง บุคคลต้องการมีชื่อเสียงได้รับความเคารพนับถือจากผู้อื่น รวมถึงความมั่นใจและการประสบความสำเร็จในสิ่งที่ตนลงมือทำ ซึ่งช่วยส่งเสริมความรู้สึกมีคุณค่าในตนเอง

ขั้นที่ 5 ความต้องการแสดงความเป็นตัวของตัวเอง (Self-Actualization Needs) เป็นความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ ซึ่งสะท้อนถึงความปรารถนาในการพัฒนาตนเองให้เต็มศักยภาพ เป็นตัวของตัวเองอย่างแท้จริง และใช้ความสามารถของตนอย่างเต็มที่ ความต้องการในขั้นนี้มุ่งเน้นการบรรลุเป้าหมายภายใน การเติบโตทางจิตวิญญาณ และการเติมเต็มคุณค่าชีวิต

Carl Rogers (1959, p. 14) อธิบายความพึงพอใจผ่านทฤษฎีตัวตน โดยเชื่อมโยงระหว่าง “ตัวตนที่เป็นอยู่” (Real Self) กับ “ตัวตนที่ต้องการเป็น” (Ideal Self) โดยบุคคลจะเกิดความพึงพอใจในชีวิตเมื่อสามารถพัฒนาตนเองให้เข้าใกล้กับอุดมคติของตนเอง หากบุคคลรับรู้ว่าตัวตนในปัจจุบันสอดคล้องกับตัวตนในอุดมคติ จะก่อให้เกิดความรู้สึกเชิงบวก ความมั่นคงทางจิตใจและความพึงพอใจสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากรู้สึกว่ามีช่องว่างระหว่างตัวตนที่เป็นอยู่กับอุดมคติของตนมากเกินไป จะนำไปสู่ความรู้สึกไม่พึงพอใจ ความขัดแย้งภายใน และส่งผลต่อสุขภาพจิตในระยะยาว

Combs (1962, p. 23) เป็นนักจิตวิทยาที่มีบทบาทสำคัญในด้านการศึกษา โดยเขายึดแนวคิดของ จิตวิทยามนุษย์นิยม (Humanistic Psychology) และเสนอว่า “การเรียนรู้ที่แท้จริงจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ที่มีความหมาย (Meaningful Experiences) และเกี่ยวข้องกับชีวิตของตนเอง” แนวคิดหลักของ Combs ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการภายใน (Internal Process) การเรียนรู้เกิดจากการรับรู้ของผู้เรียน ไม่ใช่จากการถ่ายทอดความรู้โดยตรงจากครู ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีเมื่อเขาเข้าใจและเห็นคุณค่าของสิ่งที่เรียนรู้

2. การรับรู้ (Perception) เป็นหัวใจของการเรียนรู้ ความรู้สึกนึกคิด ทัศนคติ และการรับรู้ของผู้เรียนมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนมองว่าเรื่องนั้นมีประโยชน์หรือมีความหมาย เขาจะมีแรงจูงใจที่จะเรียนรู้มากขึ้น

3. ผู้เรียนที่มีประสิทธิผล (Effective Persons) เชื่อว่าผู้เรียนที่มีประสิทธิผลจะมีลักษณะดังนี้ มีเป้าหมายในชีวิต มีความมั่นใจในตนเอง ยอมรับตนเองและผู้อื่น เปิดรับประสบการณ์ใหม่ ๆ และมีแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) รวมถึงเรียนรู้เพื่อพัฒนาและเข้าใจตนเอง ไม่ใช่เพียงเพื่อผลลัพธ์ภายนอก

Knowles (1980, p. 11) ได้นำเสนอหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ไว้ 6 ประการ โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ (Adult Learning Theory) เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในชื่อว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ (Andragogy) ซึ่ง Malcolm Knowles เป็นผู้พัฒนาทฤษฎีนี้ โดยมีแนวคิดหลักที่แตกต่างจากการเรียนรู้ของเด็ก (Pedagogy)ความจำเป็นในการรู้ (Need to Know) ผู้ใหญ่ต้องการรู้ว่า “ทำไม” พวกเขาต้องเรียนรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น การเรียนรู้นั้นจะเป็นประโยชน์ต่อชีวิตหรือการงานอย่างไร ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับตนเอง (Self-concept) ผู้ใหญ่มีความเป็นอิสระ และต้องการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองมากกว่าผู้เรียนที่ยังเยาว์วัย

2. ประสบการณ์ของผู้เรียน (Learners’ Experience) ผู้ใหญ่มีประสบการณ์หลากหลายที่สามารถนำมาใช้เป็นทรัพยากรในการเรียนรู้ได้ และการเรียนรู้ที่ดีควรเชื่อมโยงกับประสบการณ์เหล่านั้น

3. ความพร้อมในการเรียนรู้ (Readiness to Learn) ผู้ใหญ่มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งที่เกี่ยวข้องกับบทบาททางสังคม การทำงาน หรือความรับผิดชอบของตน

4. แนวทางในการเรียนรู้ (Orientation to Learning) ผู้ใหญ่เน้นการเรียนรู้แบบเน้นปัญหา (Problem-centered) มากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาเพียงอย่างเดียว และต้องการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ทันที

5. แรงจูงใจในการเรียนรู้ (Motivation to Learn) แม้ว่าผู้ใหญ่จะมีแรงจูงใจภายนอก เช่น ค่าตอบแทนหรือความก้าวหน้าในอาชีพ แต่แรงจูงใจภายใน เช่น ความพึงพอใจ การพัฒนาตนเอง มักเป็นแรงผลักดันที่สำคัญยิ่งกว่า

Shelli (1995, p. 17) ได้อธิบายความพึงพอใจว่า เป็นระบบของความรู้สึกที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วยความรู้สึกในทางบวก ความรู้สึกในทางลบ และความสุข โดยความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อระบบความรู้สึกภายในของบุคคลมีความรู้สึกในทางบวกมากกว่าความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกเชิงบวกที่เกิดขึ้นสามารถสะท้อนกลับไปสร้างความสุขที่ยั่งยืนมากขึ้นได้อีก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์แบบพลวัตระหว่างองค์ประกอบทางอารมณ์เหล่านี้ ทั้งนี้ “ระบบความพึงพอใจ” ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งสาม จะทำหน้าที่หล่อหลอมให้บุคคลเกิดความพึงพอใจหรือไม่ ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของความรู้สึกในแต่ละด้าน

จากการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดของนักจิตวิทยาหลายท่าน สรุปได้ว่า ความพึงพอใจเป็นสภาวะทางอารมณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับรู้ว่าตนได้รับสิ่งที่สอดคล้องกับความต้องการ ความคาดหวัง หรืออุดมคติของตนเอง โดยความพึงพอใจไม่ใช่เพียงผลลัพธ์ของเหตุการณ์หรือสถานการณ์ภายนอกเท่านั้น หากแต่เป็นผลสะท้อนจากการประเมินภายในของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจเกิดจากความรู้สึกว่า “ตัวตน” ในปัจจุบันของตนมีคุณค่าและใกล้เคียงกับสิ่งที่ตนอยากเป็น หรือเมื่อมีความรู้สึกในทางบวกมากกว่าความรู้สึกในทางลบอย่างชัดเจน อีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองลำดับความต้องการของมนุษย์ทั้งด้านกายภาพ จิตใจ สังคม และการพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมองว่าความพึงพอใจเป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนแต่มีความสำคัญ เพราะเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อแรงจูงใจ ทัศนคติ และพฤติกรรมของบุคคลในหลากหลายบริบท โดยเฉพาะในด้านการเรียนรู้ การทำงาน และการพัฒนาตนเองอย่างยั่งยืน

2.6.3 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจ (Satisfaction Measurement) เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการประเมินความคิดเห็น ความรู้สึก และทัศนคติของบุคคลต่อประสบการณ์หรือบริการที่ได้รับ โดยเฉพาะในบริบททางการศึกษา การบริหารจัดการ หรือการบริการสาธารณะ การวัดความพึงพอใจช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าใจถึงระดับความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย อันจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของกิจกรรมหรือบริการให้ตอบสนองต่อความต้องการได้ดียิ่งขึ้น นักวิจัยหลายท่านกล่าวถึงการวัดความพึงพอใจ ดังนี้

เมษา นวลศรี (2556, น. 121-122) อธิบายว่า มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) คือแบบสอบถามประเภทหนึ่งที่มุ่งให้ผู้ตอบแสดงระดับความคิดเห็นที่มีต่อข้อความหรือประเด็นที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปมีระดับคะแนนให้เลือกตั้งแต่ 3, 5, 7, 9 หรือ 11 ระดับ ใช้เพื่อวัดพฤติกรรมหรือ

คุณลักษณะเชิงนามธรรม เช่น ค่านิยม คุณธรรม หรือเจตคติ โดยมาตราส่วนนี้มีหลายรูปแบบ เช่น การอธิบายข้อความเป็นคำบรรยาย การใช้ตัวเลข สัญลักษณ์ หรือจัดลำดับตามแบบของ Osgood

อนุวัติ คูณแก้ว (2555, น. 130-133) กล่าวว่ามาตราส่วนประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินความรู้สึกหรือความคิดเห็นของบุคคล อาจให้ผู้ตอบเป็นนักเรียนหรือผู้วิจัยเอง โดยแบบวัดมีลักษณะหลากหลาย เช่น แบบใช้ตัวเลข แบบบรรยาย แบบกราฟ แบบใช้สัญลักษณ์ หรือแบบเรียงลำดับความรู้สึกตามลำดับที่กำหนด

บุญชม ศรีสะอาด (2553, น. 125-127) ระบุว่า แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอาจใช้การเขียนตอบหรือการสัมภาษณ์ ทั้งนี้ แบบสอบถามนิยมใช้เพื่อสอบถามข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ คำชี้แจง สถานภาพของผู้ตอบ และชุดคำถามที่อาจเป็นแบบปลายเปิด ปลายปิด หรือแบบผสม เช่น แบบให้เลือกคำตอบเดียว แบบเลือกได้หลายคำตอบ แบบจัดอันดับความสำคัญ หรือแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งใช้วัดระดับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของผู้ตอบ

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2551, น. 9) ให้ความหมายของแบบสอบถามว่าเป็นชุดคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่ต้องการศึกษา โดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบปลายเปิด และแบบปลายปิด สำหรับแบบปลายปิดมีทั้งแบบคำถามโดดและคำถามร่วม ซึ่งคำตอบจะสอดคล้องกับระดับความคิดเห็นของผู้ตอบ โดยมีระดับค่าต่าง ๆ เช่น 3, 5 หรือ 7 ระดับ เพื่อแสดงความรุนแรงของความรู้สึก เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด แบบสอบถามลักษณะนี้เรียกว่า มาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งสามารถจัดรายการวัดเป็นบรรทัด และแบ่งองค์ประกอบของแบบสอบถามได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป คำชี้แจง และชุดคำถาม

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2550, น. 15) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า มาตราส่วนประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดลักษณะเชิงนามธรรม หรือด้านจิตวิทยา เช่น ความคิดเห็น ค่านิยม ความสนใจ หรือการปรับตัว ซึ่งมักออกแบบให้ผู้ตอบเลือกแสดงความรู้สึกหรือพฤติกรรมต่อข้อความหนึ่ง ๆ โดยใช้ระดับจำนวน เช่น 5 ระดับ ตามแบบลิเคิร์ท (Likert Scale) หรือแบบที่มีความตรงข้ามกันเป็นคู่ เช่น แบบออสกูด (Osgood Semantic Differential Scale)

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจสามารถประเมินความพึงพอใจของนักเรียนได้โดยใช้แบบวัดที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert) ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยแบบวัดดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ซึ่งแต่ละด้านจะมีข้อคำถามที่สะท้อนถึงระดับความพึงพอใจของนักเรียนในประเด็นที่เกี่ยวข้องอย่างครอบคลุม เพื่อให้สามารถวัดผลได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.7 แนวคิดและความเป็นมาของการวัดพัฒนาการ

การวัดพัฒนาการหรือการวัดการเปลี่ยนแปลง หมายถึง กระบวนการประเมินสถานะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะต่อเนื่อง โดยผลลัพธ์ของการวัดจะสัมพันธ์กับสภาพเดิมที่มีอยู่ ซึ่งอาจแสดงออกในรูปของการเพิ่มขึ้น คงที่ หรือ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้น ทั้งนี้ การวัดการเปลี่ยนแปลงทางการเรียนรู้ถือเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1924 เมื่อ Thorndike ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวัดการเปลี่ยนแปลงว่ามีคุณูปการอย่างยิ่งต่อวงการศึกษา นับแต่นั้นเป็นต้นมา วิธีการวัดดังกล่าวได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (สุภมาส อังศุโชติ และคณะ, 2552, น. 253) และได้รับความสนใจจากหลากหลายสาขาวิชา เช่น สังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ จิตวิทยาคลินิก และเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากสามารถนำไปใช้เป็นดัชนีแสดงความก้าวหน้าของสิ่งที่กำลังถูกประเมินได้อย่างชัดเจน ในบริบททางการศึกษา การวัดคะแนนพัฒนาการถือเป็นกระบวนการสำคัญประการหนึ่งในการวัดและประเมินผล เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากคะแนนพัฒนาการสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียน ปรับปรุงการเรียนการสอน ตลอดจนวางแผนการบริหารจัดการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวัดจะแสดงออกในรูปของคะแนนพัฒนาการ (Growth Score) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป โดยชื่อเรียกของคะแนนที่ได้อาจแตกต่างกันไป เช่น “คะแนนเพิ่ม” (Gain Score) หมายถึง ผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ “คะแนนความแตกต่าง” (Difference Score) มักใช้ในบริบทของการวัดแบบดั้งเดิม ขณะที่ “คะแนนพัฒนาการ” มักใช้ในกรณีที่มีการวัดหลายครั้ง สำหรับการศึกษาคะแนนพัฒนาการนั้น ควรกำหนดรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงให้ชัดเจน เนื่องจากพัฒนาการอาจมีลักษณะเป็นบวกหรือลบ เป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงก็ได้ โดยเฉพาะในการวัดแบบรายบุคคลในระยะยาวซึ่งอาจพบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันไป จำแนกลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไว้ 5 รูปแบบ (สมถวิล วิจิตรวรรณา, 2543) ดังนี้

1. พัฒนาการเชิงเส้นตรง (Straight line growth) ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะลดลงในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นลบ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (Slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาเชิงเส้นตรง

2. พัฒนาการที่ไม่ใช่เส้นตรง (Nonlinear growth) คะแนนพัฒนาการจะมีลักษณะกระเพื่อม กล่าวคือ บางครั้งเพิ่มขึ้น บางครั้งลดลง หรือเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่สม่ำเสมอ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (Slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาที่ไม่ใช่เส้นตรง

3. พัฒนาการรายบุคคลไม่ต่างกัน (No individual Differences in Growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของแต่ละบุคคลมีลักษณะขนานกัน ทำให้ไม่มีความแปรปรวนของพัฒนาการซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

4. ลำดับที่รายบุคคลไม่เปลี่ยนแปลง (No changes in rank order) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งระหว่างกลุ่มผู้สอบมีลำดับที่เหมือนเดิมทุกครั้ง แต่ช่วงห่างของคะแนนในกลุ่มแต่ละครั้งต่างกัน มีลักษณะกระจายออก ทำให้ความแปรปรวนของคะแนนการวัดครั้งหลังมีมากกว่าครั้งแรก ๆ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

5. ไม่มีค่าเฉลี่ยของพัฒนาการ (No Mean Growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของกลุ่มที่มีลักษณะทั้งเพิ่ม ลด หรือคงที่ ทำให้ค่าเฉลี่ยของการพัฒนาการของกลุ่มผู้สอบเป็นศูนย์ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

จากแบบแผนการเปลี่ยนแปลงทั้ง 5 รูปแบบ สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบแผนที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเส้นตรง และแบบแผนที่ไม่เป็นเส้นตรง ทั้งนี้ ประเด็นเรื่องวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการถือเป็นหัวข้อที่นักวิจัยและนักวัดผลให้ความสนใจและศึกษาอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลายาวนาน โดยเริ่มต้นจากการศึกษาของ Thorndike และ Thomson ในปี ค.ศ. 1924 ซึ่งในระยะแรกเรียกกระบวนการนี้ว่า การวัดคะแนนความเปลี่ยนแปลง (Change Score) ต่อมาจึงมีความพยายามพัฒนาสูตรทางสถิติเพื่อประเมินค่าคะแนนความเปลี่ยนแปลงในระดับรายบุคคลมากขึ้น จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1962 Chester Harris ได้จัดการประชุมสัมมนาในหัวข้อ “การวัดความเปลี่ยนแปลง” และเผยแพร่หนังสือชื่อ *Problems in Measuring Change* ซึ่งนับว่าเป็นการรวบรวมองค์ความรู้ด้านการวัดพัฒนาการอย่างเป็นระบบเป็นครั้งแรก หลังจากนั้นจึงเกิดการพัฒนาและนำเสนอวิธีการวัดรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มเติมอย่างกว้างขวาง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสามารถจำแนกได้เป็น 2 แนวทางหลัก คือ วิธีการวัดแบบดั้งเดิม และวิธีการวัดแบบแนวคิดใหม่ โดยใช้เกณฑ์จำแนกจากลักษณะของวิธีการและผลลัพธ์ที่ได้จากการวัด (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, น. 260)

1. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียนโดยมีข้อตกลงว่า การสอบนั้น 2 ครั้งจะต้องคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Pike, 1991) ดังสมการ

$$DS = Y_2 - Y_1 \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีการนี้มีข้อดี คือ เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นวิธีเริ่มแรกของการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้รับความนิยมสูง เพราะเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงในการหาวิธีนี้ไม่สนใจในเรื่องความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนที่มีค่าเท่ากัน และหักล้างกันหมดไป ซึ่งถือว่าเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกันนอกจากนั้น การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้ยังมีจุดอ่อนอีก คือ เป็นวิธีที่ไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบในครั้งแรกสูง เพราะจะมีคะแนนเพิ่มน้อยกว่าผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบ ในครั้งแรกต่ำ (Line and Slinde, 1997; Willet, 1994)

2.8 สถิติทดสอบที

ไพศาล วรคำ (2565, น. 347-348) กล่าวว่า การทดสอบสถิติค่าที (One-Sample t-test) เป็นสถิติประเภทพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย โดยค่าสถิติมีการแจกแจงแบบที ซึ่งเกิดจากการสุ่มตัวอย่างมาครั้งละ 1 ตัว และ ครั้งละ n ตัว จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ แล้วนำค่า X ที่สุ่มได้มาหาคะแนนมาตรฐาน (Z) และนำตัวอย่างที่สุ่มมาครั้งละ n ตัว มาหาค่าไคสสแควร์จะได้ χ^2_{n-1} จากนั้นนำมาหาค่า t จาก

$$t_{n-1} = \frac{Z}{\sqrt{\frac{\chi^2_{n-1}}{(n-1)}}} \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อทำเช่นนี้ในจำนวนครั้งที่มากพอแล้วนำค่า t ที่ได้มาเขียนกราฟ จะได้กราฟที่มีโค้งการแจกแจงแบบที โดยลักษณะสำคัญของการแจกแจงแบบทีจะมีลักษณะคล้ายกับการแจกแจงปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก Z มีการแจกแจงแบบปกตินั่นเอง

2.8.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที

2.8.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่ม (Random Sampling) ประชากรแต่ละหน่วยมีโอกาสได้รับการสุ่มอย่างอิสระ

2.8.1.2 ประชากรมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้สถิติของโคลโมโกรอฟ-สมินอฟ (Kolmogorov-Smimov) หรือสถิติของซาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk) ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไป ทั้งนี้ก่อนที่จะทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยต้องตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อน

2.8.2 การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบที

การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบที มีขั้นตอนคล้ายคลึงกันกับการทดสอบด้วยไคน์สแควร์ ซึ่งพอสรุปขั้นตอนการทดสอบได้

2.8.2.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

2.8.2.2 กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบและหาค่าวิกฤต โดยค่าวิกฤตที (critical-t value: $t_{\alpha,df}$) สามารถหาได้โดยการเปิดตารางการแจกแจงค่าสถิติที (t-distribution) หรือคำนวณจากฟังก์ชัน TINV ในโปรแกรม Microsoft Excel ก็ได้ โดยถ้าเป็นการทดสอบทางเดียวให้ใช้ฟังก์ชันที่ TINV ($2\alpha, df$) หรือถ้าเป็นการทดสอบสองทางให้ใช้ฟังก์ชัน TINV (α, df)

2.8.2.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบที

2.8.2.4 ตัดสินใจทางสถิติ เนื่องจากการแจกแจงแบบที (t-distribution) มีลักษณะคล้ายกับการแจกแจงปกติ ค่าสถิติที่คำนวณได้จึงเป็นไปได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ในการพิจารณาการตัดสินใจทางสถิติจะพิจารณาค่าสถิติก็สอบที ตกอยู่ในบริเวณวิกฤตหรือไม่ หรืออาจพิจารณาง่าย ๆ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของค่าสถิติทดสอบที ($|t|$) กับค่าวิกฤต ดังนี้

ถ้า ($|t|$) > ค่าวิกฤต การทดสอบนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติจึงปฏิเสธ H_0 และไปยอมรับ H_1 แต่ถ้า ($|t|$) $\geq$ ค่าวิกฤต การทดสอบนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงยอมรับ H_0

2.8.2.5 สรุปผล

การนำการทดสอบทีมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ทำได้หลายกรณี ดังนี้

2.8.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าคงที่

เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มหนึ่งกับค่าคงที่ เช่น ผู้วิจัยต้องการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิดที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานจึงเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของประชากรนั้น ว่ามีค่าเท่ากับค่าคงที่ (ที่ผู้วิจัยกำหนด) หรือไม่ สมมติฐานทางสถิติจึงอาจเขียนได้ดังนี้

$H_0 : \mu = k$ เมื่อ k เป็นค่าคงที่ใดๆ

$H_1 : \mu \neq k$ หรือ $H_1 : \mu > k$ หรือ $H_1 : \mu < k$

ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานการวิจัยไว้อย่างไร การทดสอบทีในกรณีนี้เรียกว่า การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One-Sample t-test) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}; \quad df = n-1 \tag{2-3}$$

เมื่อ t เป็นค่าสถิติทดสอบที

$\overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 เป็นค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ

S เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

2.9 เครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบ และแบบสอบถาม (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 239-257) มีรายละเอียดดังนี้

2.9.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.9.1.1 แบบทดสอบ

1) ความหมาย แบบทดสอบ (Test) หมายถึง ชุดของข้อความที่ใช้กระตุ้นการตอบสนองออกมาชุดของข้อความนี้จะอยู่ในรูปของข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด หรือกล่าวว่าเป็นชุดของข้อความที่ใช้วัดค่าของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง แล้วให้ผู้ทำการทดสอบแสดงพฤติกรรมทางวาจาหรือการเขียนหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การฟ้อนรำประกอบเพลง เป็นต้น ซึ่งเมื่อแสดงพฤติกรรมออกมาให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายได้เกี่ยวกับความสามารถด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย แต่นิยมใช้กับด้านพุทธิปัญญาเป็นส่วนใหญ่ โดยมีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอนและมีกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผลและแน่นอน

2) ประเภทของแบบทดสอบ แบบทดสอบสามารถจำแนกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการจำแนก ซึ่งการจำแนกประเภทของแบบทดสอบที่สำคัญมีดังนี้

2.1) จำแนกได้ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นคุณลักษณะทางจินตภาพ แบบทดสอบจึงทำหน้าที่เป็นแบบวัด เพราะใช้คุณลักษณะต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกแบบทดสอบออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

2.1.1) แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Undestanding Test) เป็นแบบข้อสอบที่ใช้วัดความรู้ (Knowledge) และทักษะ (Skill)

2.1.2) แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (Personality Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดคุณลักษณะของคนเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดและเจตคติ ลักษณะของแบบทดสอบมีทั้งแบบทดสอบภาคปฏิบัติและแบบถามตอบ การทดสอบเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบวัดที่ใช้การฉาย ออก (Projective Act) และแบบวัดที่ไม่ใช้การฉายออก (non-Projective Act) แบบวัดที่ใช้การฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ส่วนแบบวัดที่ไม่มีการฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบสอบถามหรือรายงานตนเอง ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องการตอบคือผู้ตอบจะตอบในแนวทางที่ให้ตนเองดูดี คำตอบที่ได้จึงไม่ค่อยตรงตามความเป็นจริง แบบวัดที่ใช้การฉายออกเป็นแบบวัดที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับการตอบ โดยยึดการยอมรับของสังคม จะไม่วัดหรือถามตรง ๆ ซึ่งจะช่วยทำให้การตอบไม่ตรงกับความเป็นจริงลดลง แต่จะเป็นการตอบจากความรู้สึกที่แท้จริงของผู้ตอบ ลักษณะของแบบวัดจะเป็นรูปภาพ (Picture) หยดหมึก (Inkblot) ข้อความ (Word) เช่น แบบวัด Rorschach Inkbolt และแบบวัด Apperception Test ซึ่งเป็นชุดของรูปภาพแล้วให้ผู้ตอบเล่าเรื่องของแต่ละรูปภาพ เป็นต้น

2.1.3) แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitiude Test) เป็นการวัดศักยภาพ (Potential) ของผู้ตอบเพื่อใช้ในการทำนายความสามารถในการปฏิบัติงาน กิจกรรมหรือการศึกษาในอนาคต แบบวัดความถนัดนี้มีชื่อเรียกหลายอย่างตามลักษณะที่ต้องการวัด เช่น แบบวัดความถนัดทางการเรียน แบบวัดเชาวน์ปัญญา และแบบวัดความสามารถทางสมอง เป็นต้น ผลของการวัดความถนัดจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนครู แนะแนวและผู้บริหาร แบบวัดความถนัดแบ่งออก 7 ด้าน คือ

(1) แบบวัดความถนัดทั่วไป (General aptitude test) เป็นแบบวัดความถนัดของแต่ละบุคคล โดยอาจมีลักษณะเป็นข้อความ (Verbal) หรือไม่เป็นข้อความ (Nonverbal) ก็ได้เนื้อหาสาระในการวัดจะเป็นความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา เช่น ด้านเหตุผล (Reasoning) ด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving) และความคล่องแคล่วทางภาษา (Verbal Fluency) เป็นต้น

(2) แบบวัดความถนัดเฉพาะทาง (Specific aptitude Test) เป็นแบบวัดความถนัดเฉพาะทางของนักเรียน เพื่อนำไปพยากรณ์ความสามารถในการปฏิบัติงานของแต่ละคน ซึ่งมุ่งหวังนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการฝึกทักษะต่าง ๆ ในอนาคต เช่น ความถนัดด้านดนตรี ด้านคณิตศาสตร์ ด้านกลไกต่าง ๆ เป็นต้น แบบวัดความถนัดเฉพาะทางจะมีแบบวัดความถนัดหลายอย่าง มีทั้งแบบวัดด้านวิชาความรู้ และที่ไม่ใช่วิชาความรู้ ตัวอย่างแบบวัดความถนัดเฉพาะทาง เช่น Sequential Test of Educational Progress (STEP) ซึ่งเป็นแบบวัดความพร้อมด้านการอ่าน การเขียนคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ดังนี้

(2.1) ความถนัดด้านภาษา (Verbal Factor)

(2.2) ความถนัดด้านการใช้คำ (Word fluency Factor)

(2.3) ความถนัดด้านตัวเลข (Number Factor)

(2.4) ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor)

(2.5) ความถนัดด้านความจำ (Memory Factor)

(2.6) ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้ (Perception Factor)

(2.7) ความถนัดด้านการใช้เหตุผล (Reasoning Factor)

2.1.3.3 แบบวัดความพร้อม (Readiness Test) แบบทดสอบวัดความพร้อมอาจจะเป็นแบบทดสอบวัดความถนัด หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก็ได้ แต่การจัดเป็นแบบวัดความถนัดจะมีความใกล้เคียงมากกว่า แบบทดสอบวัดความพร้อมเป็นแบบวัดที่ ครูใช้วัดความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะมีการเรียนการสอน หรือการฝึกทักษะต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการจะทราบว่าผู้เรียนมีความพร้อมอยู่ในระดับใด เช่น แบบวัดความพร้อมในการอ่าน ประกอบด้วย ความสามารถในการจำแนกการฟัง การมองเห็น และความสามารถทางด้านทักษะ เป็นต้น ตัวอย่างแบบวัดความพร้อม เช่น The Metropolitan Readiness Test เป็นต้น

2.1.4 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Creativity Test) เป็นแบบวัดเกี่ยวกับลักษณะของคนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) คือเป็นการค้นหาทางเลือกหลายทาง ซึ่งตรงข้ามกับความคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ที่ต้องการหาความคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงในด้านนี้ คือ กิลฟอร์ด (Guilford) ซึ่งเป็นผู้สร้างแบบวัดแบบอเนกนัย โดยที่เขายกตัวอย่างคนที่คิดแบบเอกนัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของอิฐ (Brick) คนเหล่านี้จะคิดเพียงว่าอิฐนำไปใช้สร้างโรงเรียน บ้าน ห้องสมุด อาคารต่างๆ แต่ถ้าคิดแบบอเนกนัยก็จะคิดต่อไปถึงว่าอิฐสามารถนำใช้ขว้างทำลายหน้าต่าง หรือใช้ตีหัวขโมยได้ นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงอีกท่าน หนึ่ง คือ ทอร์แรนซ์ (Torrance) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ชื่อว่า The Torrance Test of Creativity ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วย ข้อคำถาม รูปภาพและกราฟ ซึ่งวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคล่องแคล่ว (Fluency) ความยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความประณีต (Elaboration)

2.2 จำแนกตามลักษณะการตรวจให้คะแนนจำแนกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจ ก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูกผิด

2.2.2 แบบทดสอบอัตนัย (Subobjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำ หรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

2.2.3 แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subobjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

2.3 จำแนกตามลักษณะการสร้างจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

2.3.1 แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มีคณะผู้เชี่ยวชาญทางด้านจิตวิทยาด้านการวัดและการประเมิน และนักวิชาการสาขาต่างๆ ร่วมกันพัฒนาขึ้นภายใต้กระบวนการสร้างที่ได้มาตรฐาน และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในต่างประเทศ จะมีแบบทดสอบมาตรฐานนี้อยู่เป็นจำนวนมาก เช่น Stanford Achievement Test, Metropolitan Achievement Test และ California Achievement Test Battery (ซึ่งมีข้อสอบประกอบด้วย การอ่าน คณิตศาสตร์ การสะกดคำ สังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในการฟัง)

2.3.2 แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง (Researcher-made Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรืออาจเป็นแบบทดสอบที่มีผู้วิจัยคนอื่นสร้างไว้แล้ว แบบทดสอบประเภทนี้ยังไม่ถือว่าเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ถึงแม้จะเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพก็ตาม ทั้งนี้เพราะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับกลุ่มผู้สอบเพียงบางกลุ่มเท่านั้น และขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้คือ วัดได้ตรงตามความต้องการของผู้วิจัย

2.4 จำได้ตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน จำแนกเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.4.1 แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคล ว่ามีความรู้ความสามารถตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ส่วนใหญ่จะใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative Evaluation) ดังนั้นการวัดความรู้ความสามารถในแต่ละวัตถุประสงค์หรือตัวชี้วัด จะต้องมีจำนวนข้อคำถามที่เพียงพอต่อการประเมิน

2.4.2 แบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคล ว่ามีอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ส่วนใหญ่แบบทดสอบแบบอิงกลุ่มจะใช้จัดตำแหน่งความรู้ของผู้เรียนในเรื่องที่สอน หรือใช้ในการประเมินผลสรุปรวม (Summative evaluation) แบบทดสอบประเภทนี้จึงมุ่งทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดให้มากที่สุด

2.5 จำแนกตามลักษณะการตอบสนอง จำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

2.5.1 แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องอ่านข้อคำถามแล้วเลือกคำตอบหรือเขียนคำตอบในกระดาษคำตอบที่จัดให้ ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบดังนี้

2.5.1.1 แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple-choices test) เป็นแบบทดสอบที่จะเตรียมคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือก ดังนั้นรูปแบบของแบบทดสอบจึงประกอบด้วยข้อคำถาม (stem) และตัวเลือก (choice) ซึ่งประกอบด้วยตัวถูก (correct choice) และตัวลวง (distracters)

2.5.1.2 แบบทดสอบความเรียง (Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องเขียนบรรยายคำตอบ โดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษา ในการสังเคราะห์ความรู้ ความเข้าใจ และความคิดส่วนตนอย่างอิสระ จึงเหมาะสำหรับการวัดความรู้ระดับลึก ในการบริหารการสอบจะต้องให้เวลาอย่างเพียงพอ เพราะผู้ตอบจำเป็นต้องใช้เวลามาก แบบทดสอบแบบนี้จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับข้อคำถามจำนวนมาก

2.5.1.3 แบบทดสอบเติมคำ (Completion Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องคิดหาคำตอบหรือข้อความมาตอบในช่องว่างที่กำหนดให้ได้ใจความสมบูรณ์และถูกต้อง โดยข้อคำถามแต่ละข้อจะแยกเป็นอิสระจากกันและมีความสมบูรณ์ในข้อนั้นๆ

2.5.1.3 แบบทดสอบโคลซ (Cloze Test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับแบบทดสอบเติมคำ จะมีช่องว่างให้ผู้ตอบหาคำหรือข้อความมาเติมให้ได้ใจความที่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่แตกต่างกันกับแบบทดสอบเติมคำตรงที่ แบบทดสอบเติมคำเป็นการเติมคำทีละข้อ ซึ่งแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีเนื้อหาเป็นเรื่องเดียวกันหรือเชื่อมโยงกัน ส่วนแบบทดสอบโคลซเป็นการเติมคำหลายๆ แห่งในเนื้อหาสาระที่เป็นความเรียงขนาดยาวพอสมควร เมื่อผู้ตอบเติมคำครบถ้วนทุกแห่งแล้วจะได้สาระทั้งหมดเป็นเรื่องราวเดียวกัน

2.5.2 แบบทดสอบปฏิบัติ (Performance Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยการกำหนดภาระงาน เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ให้ผู้ข้อสอบได้ปฏิบัติงานตามคำสั่งหรือสถานการณ์ที่กำหนด ลักษณะการตอบสนองของผู้เข้าสอบจะไม่ได้ตอบคำถามด้วยการเขียน หรือการพูด แต่จะแสดงออกด้วยการปฏิบัติงาน เช่น การสอบทักษะการทดลอง การสอบปฏิบัติการตอนกิ่ง เป็นต้น

2.5.3 แบบทดสอบปากเปล่า (Oral Test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายแบบทดสอบความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย แต่แทนที่จะให้ผู้ตอบเขียนคำตอบในกระดาษคำตอบก็ให้ผู้ตอบบรรยายหรืออธิบายออกมาให้ฟัง หรือมีลักษณะเดียวกันกับการสัมภาษณ์ เพียงแต่ประเด็นคำถามต้องการที่จะตรวจสอบความรู้ความสามารถ ตลอดจนปฏิญาณไหวพริบของผู้ตอบ

2.6 แบบทดสอบวัดความสัมพันธ์ของบุคคลต่อสังคม แบบทดสอบประเภทนี้ จะวัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพ หรือการปรับตนเองของบุคคลในสังคมวัดความสนใจต่อสิ่งต่าง ๆ แบบทดสอบประเภทนี้ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบสำรวจความสนใจต่าง ๆ เป็นต้น

2.6.1 การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยควรกำหนดแผนการสร้าง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

2.6.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางโครงการล่วงหน้าว่าการวิจัยนั้นต้องการศึกษาพฤติกรรมอะไรกับใครและศึกษาเพื่ออะไร

2.6.1.2 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการศึกษาจำนวนข้อเท่าใด และเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

2.6.1.3 การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าพฤติกรรมที่ต้องการศึกษานั้นมีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้าง โดยสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเป็นแนวทางในการสร้าง

2.6.1.4 การสร้างตัวคำถาม ยึดหลักใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายชัดเจน และมีความเป็นปรนัยถ้าข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบแบบปรนัย การสร้างตัวเลือกต้องให้เป็นอิสระจากกันมีความชัดเจนไม่แนะนำคำตอบ โดยศึกษาเทคนิคการเขียนข้อคำถามและตัวเลือกจากเอกสาร ตำรา เพื่อให้การสร้างถูกต้องตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

2.6.1.5 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจสอบคุณภาพที่สำคัญ ๆ ต่อไปนี้

1) ความตรง (Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบนั้นวัดตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2) ความเที่ยง (Reliability) เป็นการตรวจสอบดูว่า ผลของการวัดจากแบบทดสอบนั้นมีความคงที่แน่นอนมากน้อยเพียงใด

3) ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นการตรวจสอบดูว่าคำถาม หรือสิ่งที่ถามในแบบทดสอบมีความชัดเจนดีพอหรือไม่ ระบบการให้คะแนนและการแปลความหมายคะแนนนำไปใช้ได้ตรงกันทั่วไปได้หรือไม่

3.1) หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดำเนินงานพอสรุปได้ดังนี้

3.1.1) วิเคราะห์ปัญหาการวิจัยเพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องการวัดและเลือกชนิดของแบบทดสอบเพื่อจะใช้วัดตัวแปรนั้นๆ

3.1.2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการวัด

3.1.3) กำหนดนิยามเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัดว่าตัวแปรนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง (นิยามเชิงทฤษฎี) และแต่ละองค์ประกอบสามารถวัดได้อย่างไรบ้าง (นิยามเชิงปฏิบัติ)

3.1.4) ทำตารางโครงสร้างแบบทดสอบ เพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา/พฤติกรรมหรือความสามารถ/รูปแบบคำตอบที่ต้องการวัด เช่น ตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่วิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญในมิติของเนื้อหากับพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัด ซึ่งวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญในมิติของความสามารถกับรูปแบบคำถามดัง เช่น ตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

รูปแบบ / คำถาม / ความสามารถ	ข้อความ	ภาพ	สัญลักษณ์	รวม
ความถนัดด้านภาษา	2	2	3	7
ความถนัดด้านการใช้คำ	3	2	2	7
ความถนัดด้านตัวเลข	4	1	2	7
ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์	3	1	3	7
ความถนัดด้านความจำ	1	3	3	7
ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้	3	2	2	7
ความถนัดด้านการใช้เหตุผล	3	3	2	8
รวม	19	14	17	50

จากตารางที่ 2.7 วิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบในขั้นแรกต้องกำหนดน้ำหนักของความสำคัญขององค์ประกอบในแต่ละเซลล์โดยให้คะแนนเต็มเท่ากับ 5 หรือ 10 ก็ได้ ต่อจากนั้นผู้วิจัยก็กำหนดคะแนนน้ำหนักตามความเหมาะสม จากนั้นก็รวมคะแนนในแต่ละรายการและคะแนนรวม ถ้าผู้วิจัยต้องออกข้อสอบในจำนวน เท่ากับคะแนนรวมก็สามารถใช้ตัวเลขในแต่ละเซลล์เป็นจำนวนข้อได้เลย แต่ถ้าต้องการจำนวนข้อที่ต้องการไปจากผลรวมทั้งหมด ก็อาจใช้การเทียบสัดส่วนหรือปรับตัวเลขในแต่ละเส้นให้ได้ผลรวมตามที่ต้องการ

3.1.5) เขียนข้อความตามลักษณะและจำนวนในโครงสร้างแบบทดสอบ

3.1.6) พิจารณาปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้เหมาะสม เช่น การใช้ภาษา สัญลักษณ์ รูปภาพให้เข้าใจง่าย กระชับ และชัดเจน

3.1.7) นำเสนอผู้เชี่ยวชาญให้พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

3.1.8) ปรับปรุงแก้ไขข้อสอบตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ หรือตามที่ผู้วิจัยเห็นสอดคล้องกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

3.1.9) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ขนาดเล็กประมาณ 3-5 คน ที่ระดับความสามารถแตกต่างกันเช่น เก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้ภาษาว่าสามารถสื่อสารกับผู้ตอบได้ตรงกัน หรือไม่ แล้วนำมาปรับปรุงการใช้ภาษาในแบบทดสอบต่อไป

3.1.10) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ประมาณ 100 คน เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และประมาณค่าความเชื่อมั่น

3.1.11) ถ้าค่าสถิติของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ก็จะสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ แต่หากมีข้อใดที่คุณภาพยังไม่ถึงเกณฑ์ ก็ต้องนำมาปรับปรุงให้ดีก่อนนำไปใช้จริง หรือผู้วิจัยอาจออกข้อสอบให้มากกว่าความต้องการใช้จริง แล้วค่อยทำการคัดเลือกข้อที่มีคุณภาพมาใช้ก็ได้

สรุปได้ว่า แบบทดสอบ คือ สิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นการตอบสนองอยู่ในรูปของข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด แล้วให้ผู้ทำการทดสอบแสดงพฤติกรรมทางวาจา หรือการเขียนหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งเมื่อแสดงพฤติกรรมออกมาให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายเกี่ยวกับความสามารถในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งแบบทดสอบมีอยู่หลายประเภท แต่ละประเภทอาจมีทั้งส่วนที่คล้ายกันและส่วนที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการสร้างแบบทดสอบนั้นจะยึดประเภทของแบบทดสอบตามการตอบสนองของผู้ตอบ และการตรวจให้คะแนนเป็นเกณฑ์ เนื่องจากรูปแบบหรือโครงสร้างของแบบทดสอบจะเกี่ยวข้องกับเกณฑ์ทั้งสองนี้โดยตรง

2.9.1.2 แบบสอบถาม

1) ความหมาย แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้สอบถามความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือใช้สอบถามพฤติกรรมการปฏิบัติ คุณลักษณะ และบุคลิกภาพ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเขียนคำตอบหรือเลือกคำตอบที่จัดไว้ให้

2) ประเภทของแบบสอบถาม แบบสอบถามนั้นจำแนกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกที่สำคัญมีดังนี้

2.1 จำแนกตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นการใช้แบบสอบถามหรือแบบวัดที่ไม่ใช่การฉายออก (Non-Projective) ในการวัดคุณลักษณะ (Characteristic) และวัดบุคลิกภาพ (Personality) ทั่ว ๆ ไป โดยอาศัยการรายงานตนเอง (Self-Report) เหมาะสำหรับใช้วัดเป็นรายบุคคล โดยปกติแล้วแบบสอบถามนี้ใช้ในการวิจัยเชิงบรรยาย เช่น บรรยายโครงสร้างของบุคลิกภาพของกลุ่มต่างๆ แบบวัดที่ไม่ใช้การฉายออกมีหลายประเภท ได้แก่

2.1.1 แบบวัดบุคลิกภาพ (Personality Inventories) เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะพฤติกรรม คุณลักษณะของบุคลิกภาพที่แสดงออก โดยผู้ตอบจะต้องตอบว่า ใช่/ไม่ใช่ แน่ใจ/ไม่แน่ใจ เป็นต้น ปัญหาเกี่ยวกับการใช้แบบสอบถามในการวัดบุคลิกภาพที่ให้ผู้ตอบรายงานตนเองคือ การตอบที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง เพราะโดยทั่วไปแล้วการตอบจะมีแนวโน้มไปในทางที่ผู้ตอบเห็นว่าเป็นที่นิยมกระทำกันในสังคม หรือเป็นที่ยอมรับของสังคมนั่นเอง

2.1.2 แบบวัดเจตคติ (Attitude Test) การวัดเจตคติเป็นการวัดความเชื่อ การรับรู้ หรือความรู้สึกนึกคิดของแต่ละคน เจตคติสามารถวัดโดยตนเอง ผู้อื่นและกิจกรรมต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ เป็นต้น

2.1.3 แบบวัดความสนใจ (Interest Inventories) เป็นแบบวัดความชอบ (Like) และความไม่ชอบ (Dislike) ของแต่ละคน เช่น ประเภทของกิจกรรมที่ชอบ กิจกรรมใดที่ชอบมากกว่า เป็นต้น แบบวัดความสนใจส่วนใหญ่จะเป็นแบบวัดความสนใจในวิชาชีพ เช่น แบบวัดความสนใจในวิชาชีพ (Vocational Inventory) และธุรกิจ (Business) ของ Strong-Campbell Interest Inventory และแบบวัดความสนใจในอาชีพ เช่น ช่างเครื่องยนต์ วิทยาศาสตร์ การโฆษณา และสังคมศาสตร์ ของ Kuder Preference Record Vocational เป็นต้น

2.1.4 แบบวัดความพึงพอใจ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น กิจกรรม บริการ หรือประสบการณ์ที่ได้รับ โดยทั่วไปนิยมใช้ มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบบ 5 ระดับ ตามแนวคิดของ ลิเคิร์ท (Likert Scale) ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด แบบวัดประเภทนี้สามารถออกแบบในลักษณะของแบบสอบถามปลายปิด เพื่อให้ผู้ตอบเลือกคำตอบตามระดับความคิดเห็นของตนต่อข้อความหรือประเด็นที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็นหลายด้านตามหัวข้อที่ต้องการวัด เช่น ความพึงพอใจด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรม และด้านบรรยากาศ เป็นต้น การพัฒนาแบบวัดควรผ่านกระบวนการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และมีการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเครื่องมือนั้นสามารถวัดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2.2 จำแนกตามลักษณะของมาตรประมาณค่า มาตรประมาณค่า (Rating Scale) ในการวัดที่นำมาใช้ในการสร้างแบบสอบถามมีหลายลักษณะ ส่วนใหญ่ตั้งชื่อตามผู้คิดมาตรนั้นขึ้นมา ลักษณะมาตรประมาณค่าที่นิยมใช้แบบสอบถามมีดังนี้

2.2.1 มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) ส่วนใหญ่จะใช้ในการถามความรู้สึกหรือเจตคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยให้ผู้ตอบเลือกระดับความรู้สึกจากมากไปน้อย เช่น “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” “เห็นด้วย” “ไม่แน่ใจ” “ไม่เห็นด้วย” และ “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” โดยกำหนดคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 สำหรับข้อคำถามเชิงบวก (Positive Statements) เช่น อาชีพครูเป็นอาชีพที่มีเกียรติ และกำหนดคะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 สำหรับข้อคำถามเชิงลบ (Negative Statements) เช่น อาชีพครูเป็นอาชีพที่ต้อยต่ำ เป็นต้น การแปลให้รวมคะแนนทั้งหมดของแบบวัด ถ้ามีคะแนนสูงแสดงว่ามีเจตคติต่อสิ่งนั้นในทางบวกสูง

2.2.2 มาตรวัดของออสกูด (Osgood Scales) หรือสเกลความแตกต่างทางความหมาย (Semantic differential Scale) เป็นการใช้คำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้ามเป็นสองขั้ว (bipolar) วัดเจตคติ เช่น ดี-เลว มิตร-ศัตรู ฉลาด-โง่ เป็นต้น ซึ่งคำคุณศัพท์ที่ใช้จะแบ่งได้ออกเป็น 3 มิติด้วยกัน คือ

1) มิติประเมินค่า (Evaluation) เช่น ดี-เลว รัก-เกลียด ฉลาด-โง่ เป็นต้น

2) มิติศักยภาพ (Potency) เช่น แข็งแรง-อ่อนแอ ทนทาน-บอบบาง ใหญ่-เล็ก เป็นต้น

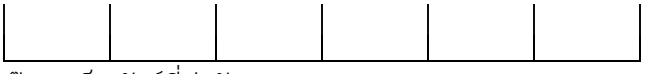
3) มิติกิจกรรม (Activity) เช่น กระฉับกระเฉง-เฉื่อยชา ร่าเริง-หงอยเหงา รวดเร็ว-เชื่องช้า เป็นต้น

แบบวัดเจตคติแบบใช้ความหมายของภาษา ปกติจะมีระดับความคิดเห็น 5-7 ระดับ โดยกำหนดค่า 0 เป็นระดับกลาง เช่น

ดี  เลว

0. การนินทาว่าร้ายเป็นสิ่งที่

3 2 1 0 -1 -2 -3

รัก  เกลียด

00. ตุ๊กแกเป็นสัตว์ที่น่ารัก

3 2 1 0 -1 -2 -3

2.2.3 มาตรวัดของเทอร์สโตน (Thurstone Scale) เทอร์สโตนพยายามแก้ปัญหาช่วงห่างของคะแนนมาตราวัดของลิเคิร์ทที่เป็นเพียงการจัดอันดับความคิดเห็น โดยพยายามทำให้ระยะห่างของความคิดเห็นนั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน หรือวิธีการให้คะแนนแต่ละข้อที่ประกอบเป็นมาตรวัดที่แต่ละข้อมีค่าประจำข้อ ซึ่งหาได้จากให้กลุ่มบุคคลกลุ่มหนึ่งที่เป็นผู้กำหนด (Judge) ระดับความรู้สึกหรือเจตคติต่อสิ่งใดสิ่ง หนึ่ง ที่มีความเข้มต่างกัน 11 ระดับ คือเริ่มตั้งแต่ 1-11 คะแนน เจตคติของแต่ละคนคือค่าเฉลี่ยของค่าประจำข้อที่คนนั้นเลือก

2.2.4 มาตราวัดของกัทท์แมน (Guttman Scale) เป็นวิธีการวัดเจตคติที่มุ่งแก้ไขจุดอ่อนของมาตราวัดของลิเคิร์ตและเทอร์สโตนเกี่ยวกับความหมายของคะแนนและความเป็นมิติเดียว มาตราวัดของกัทท์แมนจะทำให้ผู้วิจัยทราบถึงแบบแผนการตอบของผู้ตอบ เนื่องจากมาตรวัดนี้จะเรียงอันดับความเข้มข้นของความคิดเห็น แล้วยังมีการสะสมความเข้มข้นอย่างมีความหมาย เช่น มาตราวัดอัตราการยอมรับทางสังคมของคนผิวขาวต่อคนผิวดำ แสดงการยอมรับทางสังคมดังต่อไปนี้

1) ยอมรับเป็นญาติ สมรสด้วยได้ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
2) ยอมรับให้เป็นสมาชิกของกลุ่มแบบเพื่อนสนิท ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
3) ยอมรับที่จะให้อยู่อาศัยในเขตที่อยู่ชุมชนเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
4) ยอมรับให้เข้าทำงานในอาชีพเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
5) ยอมรับเป็นคนชาติเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
6) ยอมรับเป็นผู้ท่องเที่ยว ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
7) ไม่ยอมรับให้เข้ามาในประเทศเลย ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

2.3 จำแนกตามลักษณะการตอบ จำแนกได้ 3 ประเภทคือ

2.3.1 แบบสอบถามปลายปิด (Close Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ผู้ตอบสามารถเลือกคำตอบที่กำหนดให้เท่านั้น โดยไม่มีอิสระเลือกคำตอบ หรือตัวเลือกอื่นที่อยู่นอกเหนือรายการที่กำหนดให้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 2 รูปแบบคือ รูปแบบตัวเลือกแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน และรูปแบบตัวเลือกคงที่ในทุกๆ ข้อหรือหลายข้อ ดังนี้

ตัวอย่างรูปแบบตัวเลือกแต่ละข้อเป็นอิสระจากการ

0. ท่านเลือกอาชีพครูเพราะเห็นว่าเป็นอาชีพที่

ก. รายได้ดี ข. มีเกียรติ

ค. มีความมั่นคง ง. ได้ช่วยสร้างอนาคตของชาติ

ตัวอย่างรูปแบบตัวเลือกคงที่ในทุกๆ ข้อหรือหลายข้อ

รายการ	เป็นประจำ	บ่อยๆ	นานๆ ครั้ง	ไม่เคย
0. ท่านแสดงความคิดเห็นในกลุ่ม 00. สมาชิกกลุ่มแสดงความคิดเห็นร่วมกับท่าน				

2.3.2 แบบสอบถามปลายเปิด (Open Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ไม่ได้กำหนดคำตอบให้ผู้ตอบเลือก ผู้ตอบจึงสามารถเขียนตอบหรือแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระด้วยสำนวนของตนเอง การตอบจึงใช้เวลามากกว่าแบบสอบถามปลายปิด เพราะผู้ตอบจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างกว้างขวางเพื่อตอบคำถามนั้น แบบสอบถามปลายเปิดจึงไม่ควรมีข้อคำถามมาก เพราะบางครั้งผู้ตอบอาจไม่มีเวลาเขียนอธิบายหรือบรรยายความเป็นจริง เลยถือโอกาสไม่ตอบหรือพลัดไปเรื่อย ๆ ดังนั้นคำถามจึงควรเป็นข้อความที่ต้องการให้ผู้ตอบและแสดงเจตคติแนวคิดต่างๆ ที่เป็นสาเหตุแห่งการตัดสินใจของผู้ตอบแบบสอบถาม ก็ไม่ได้คำตอบที่หลากหลายตามความเป็นจริงซึ่งอาจเป็นคำตอบที่แปลกหรือไม่คาดคิดมาก่อน แบบสอบถามชนิดนี้สามารถสร้างได้ง่ายแต่การวิเคราะห์และสรุปผลนั้นยาก

2.3.3 แบบสอบถามชนิดผสม (Mixed Form) หรือแบบสอบถามกึ่งปิด (Semi-close Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบผสมกันระหว่างแบบสอบถามปลายปิดและแบบสอบถามปลายเปิด โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดเป็นหลักและเสริมด้วยปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบสามารถเพิ่มทางเลือกเองได้จะทำให้สามารถแก้ไขจุดอ่อนของแบบสอบถามปลายปิดที่มีตัวเลือกไม่ครบถ้วนตรงตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง และเอื้ออำนวยความสะดวกให้ผู้ตอบสามารถตอบได้ง่ายไม่เสียเวลา ตัวอย่างเช่น

0. ท่านเลือกอาชีพครูเพราะเห็นว่าเป็นอาชีพที่

ก. รายได้ดี ข. มีเกียรติ

ค. มีความมั่นคง ง. ได้ช่วยสร้างอนาคตของชาติ

จ. อื่นๆ (ระบุ).....

2.3.3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม ในการสร้างแบบสอบถามมีรายละเอียดของขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

1) ระบุตัวแปรและกลุ่มประชากรที่จะศึกษา

2) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัด

3) ระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งต้องพิจารณาถึงธรรมชาติของตัวแปรที่ศึกษาธรรมชาติของกลุ่มประชากรเป้าหมาย และทรัพยากรที่มีอยู่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4) เลือกรูปแบบของแบบสอบถามที่ต้องการ

5) ร่างคำถามที่ต้องการถาม โดยการวางโครงสร้างของแบบสอบถามคร่าว ๆ ให้ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องถาม เขียนข้อความ และเรียงลำดับคำถามก่อนหลังให้เหมาะสม

6) นำเสนอผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ด้านจิตวิทยา ด้านการวัดและประเมินผล และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อความมั่นใจในข้อคำถามว่าสามารถวัดตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ เว้นแต่ผู้วิจัยจะมีความเชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมืออยู่แล้ว

7) ทดลองใช้แบบสอบถามโดยอาจเริ่มด้วยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในข้อคำถาม และเก็บข้อมูลอื่นๆ เพื่อปรับปรุงสอบถามให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นก็เขียนคำชี้แจงและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ประมาณ 30-50 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม และพิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบแบบสอบถาม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้เครื่องมือต้องเป็นคนละกลุ่มกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แต่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

8) พิจารณาคัดเลือกหรือปรับปรุงแบบสอบถามในกรณีที่มีความเชื่อมั่นต่ำ โดยอาจมีการตัดข้อคำถามบางข้อ หรือเพิ่มข้อคำถามตามความเหมาะสม แต่ต้องคงข้อคำถามที่ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องการวัดหรือตัวแปรที่ต้องการศึกษา ปรับปรุงคำถาม และกลุ่มตัวอย่างให้ชัดเจนเหมาะสม ปรับปรุงคำชี้แจง เขียนจุดมุ่งหมายของแบบสอบถาม ขอความร่วมมือในการตอบตลอดจนให้สัญญาต่าง ๆ ที่จะรักษาความลับของผู้ตอบ

9) จัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์มีจดหมายนำส่งและวิธีการส่งแบบสอบถามกลับคืน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบสอบถามสร้างขึ้นเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากร ซึ่งได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ความรู้สึก ความเชื่อ และความสนใจ โดยผู้ตอบจะเลือกตอบแบบตอบหรือเติมคำ ข้อความหรือตัวเลข โดยชนิดของข้อแบบสอบถามจะมีแบบสำรวจรายการ และแบบมาตรส่วนประมาณค่า

2.9.2 การหาคุณภาพของเครื่องมือ

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมาย ของการหาคุณภาพของเครื่องมือไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 81) ได้กล่าวถึงความหมาย ของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า เครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์ ในด้านระดับความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อที่ 1 มารวมกันเป็นฉบับ เครื่องมือทั้งฉบับนั้นจะต้องมีคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551, น. 193) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใดลักษณะเป็นรายข้อ และทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดีก็ควรนำไปใช้ แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุงแก้ไข

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 134) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่าเครื่องมือวัดผลที่ดีจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพ จึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้ และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในเรื่องความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก และความเป็นปรนัย

ไพศาล วรคำ (2565, น. 265) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่าคุณภาพของเครื่องมือ หมายถึง คุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความยาก อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น เป็นต้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การตรวจสอบหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลที่ต้องมีการหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือเพื่อความถูกต้องและเชื่อถือได้ เพื่อบ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย ซึ่งถ้าเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีคุณภาพ และเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้ามีความบกพร่องก็จะนำไปปรับปรุงให้ได้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลที่ดีก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

2.9.3 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรง เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพในการทำนายผลของพฤติกรรม หรือเป็นค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือ ที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดซึ่งเครื่องมือแต่ละอย่างจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง ดังนั้นเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายหนึ่งไม่จำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายทั้งหมด (Wainer and Braun, 1998, น. 20) ซึ่งได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 134-135) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือ ที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรง ของแบบทดสอบสิ่งที่ควรพิจารณา ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องที่อ้างถึงการตีความหมายของผลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหรือประเมินผล ไม่ใช่เป็นความเที่ยงตรงของเครื่องมือ แต่เป็นความเที่ยงตรงของการตีความหมายที่ได้จากผลการทดสอบ

2. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องของระดับ ไม่ใช่เป็นเรื่องมีหรือไม่มี การบอกความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ ควรเน้นการเจาะจง เช่น ความเที่ยงตรง สูง ปานกลาง หรือต่ำ

3. ความเที่ยงตรงจะเป็นความเที่ยงตรงเฉพาะ เรื่องที่ต้องการวัดเสมอ ไม่มีแบบทดสอบใดที่มีความเที่ยงตรงทุกวัตถุประสงค์ เช่น แบบทดสอบเลขคณิต อาจมีความเที่ยงสูงในการวัดทักษะการคำนวณ แต่มีความเที่ยงตรงต่ำในการวัดเหตุผลเชิงตัวเลข และอาจมีความเที่ยงตรงปานกลาง ในการคาดคะเนผลการเรียน

4. ความเที่ยงตรงเป็นมโนทัศน์เดียว หมายความว่า ความเที่ยงตรงเป็นค่าตัวเลขเดียวที่ได้มาจากหลักฐานหลายแหล่ง หลักพื้นฐานที่ใช้ยึดในการตีความหมายของความเที่ยงตรง ก็คือ เนื้อหาเกณฑ์ที่กำหนด และโครงการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 99) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบ สามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อ เรื่องความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี การตรวจสอบความเที่ยงตรง เป็นกระบวนการรวบรวม และวิเคราะห์หลักฐาน เพื่อการสนับสนุนความเหมาะสมและความถูกต้องของการนำคะแนนจากเครื่องมือวัดไปสรุป ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง การตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

ไพศาล วรคำ (2565, น. 266) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรง (Validity) ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด หรือกล่าวอีกนัยนึงก็คือ ความเที่ยงตรงเป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงเพียงใด ก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้โดยตรงตามเนื้อหาที่จะวัด หรือเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าเนื้อหาของเครื่องมือ หรือเนื้อหาของข้อความวัดได้ตรงตามเนื้อหาของเรื่องที่ต้องการวัด ดังนั้นประเด็นสำคัญของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอยู่ที่การเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่เป็นตัวแทน (Representative Sample) ของมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัดว่าเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมด และมีความเพียงพอ (Adequate) ต่อการวัดเนื้อหาเรื่องนั้นหรือไม่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอาศัยกระบวนการตรวจสอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอิสระจากกัน ช่วยพิจารณาตัวอย่างเนื้อเรื่องในเครื่องมือวัดว่า มีขอบเขตที่ครอบคลุมและเป็นตัวแทนมวลเรื่องที่ต้องวัดเพียงใด ซึ่งสามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Item-Objective Congruence Index:) ค่า IOC ที่มีค่า 0.50 ขึ้นไปแสดงว่ามีความสอดคล้อง โดยแปลงระดับความสอดคล้องเป็นคะแนนดังนี้

สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	+1
ไม่แน่ใจ	มีคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	-1

และหาค่าดัชนีความสอดคล้องได้จาก

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อ IOC เป็นดัชนีความสอดคล้อง

R เป็นคะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละหัวข้อ

n เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอก (Criterion) ที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่นหรือวิธีการ อื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบัน หรือสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความเที่ยงตรงเชิงสภาพหรือความเที่ยงตรง ร่วมสมัย (Concurrent Validity) กับความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity)

3. ความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขต หรือครบตามคุณลักษณะย่อย ๆ ของสิ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะ (Trait) มักจะมีโครงสร้างขององค์ประกอบในเชิงทฤษฎีบางทีจึงถูกเรียกว่า ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

การหาความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีจึงนิยมใช้กับเครื่องมือวัดตัวแปรคุณลักษณะ หรือตัวแปรแฝงที่มีการนิยามเชิงทฤษฎี เช่น เชาว์ปัญญา เจตคติความเชื่อ ค่านิยม เชาวน์อารมณ์ เป็นต้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัดหรือความสอดคล้องเหมาะของผลที่ได้จากการวัด และการตรวจสอบความเที่ยงตรงนั้นสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อ การตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

2.9.4 ความเชื่อมั่น

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นไว้ ดังนี้

Burry-Stock and others (1996, p. 118) ได้ศึกษาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน ซึ่งเป็นความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน ได้ผลดังนี้ ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน การลงความคิดเห็นระหว่างผู้ตรวจ ให้คะแนนถูกอ้างอิงถึงระดับการตัดสินใจในการให้คะแนนพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา เป็นความแตกต่างทางความคิด ตามวิธีการทางการวัดทางจิตวิทยา เรื่องความเชื่อมั่นในการคิด ความเข้าใจของการลงความเห็นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน เป็นความจำเป็นทางการวัดผลทางจิตวิทยา ที่นำข้อมูลเป็นรายบุคคล และคะแนนรวมในวิชาต่าง ๆ ที่มีจุดมุ่งหมายกำหนดไว้ตามวิธีของการแสดงความคิดเห็น ของผู้ตรวจให้คะแนน มีความตั้งใจในการนำมาใช้กับผู้ฝึกหัด หรือนักศึกษา หรือนักจิตวิทยา นักวัดผลและนักวิจัย

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2552, น. 88) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า ตรงกับภาษาอังกฤษ “Reliability” หมายถึง “Stability and Consistency” ของคะแนนสอบ จึงเป็นที่เข้าใจของกลุ่มนักวัดผลคนไทยว่า Reliability หมายถึง ระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบจากการทดสอบ เรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม อย่างไรก็ดีสำหรับการคำที่ต่างกันไป เช่น ความเชื่อมั่น ความเที่ยง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 59-60) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า เป็นความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ และวิธีการประมาณค่าความเชื่อนั้น สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ โดยมีความหมาย และวิธีการประมาณค่า ดังแสดงในตาราง 2.6

ตารางที่ 2.7 ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า

ประเภท	ความหมาย	วิธีการประมาณค่า
1. ความเชื่อมั่นแบบคงที่ (Measure of Stability)	ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบเดิม (Test-Retrs Method)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากคนกลุ่มเดียวกันด้วย เครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในเวลาต่างที่ต่างกัน
2. ความเชื่อมั่นแบบความสมมูล (Measure of Equivalent)	ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้แบบสอบที่สมมูล	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทัดเทียมกัน
3. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency)	ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดโดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ 3.1 วิธีแบบครึ่งข้อสอบ (Spilt-half Method) 3.2 วิธีของ Kuder-Richardson Method 3.3 วิธีสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha Method	- คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่มจากการวัดด้วยแบบสอบถามเดียวกันคำนวณค่า - สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกัน เช่น แบ่งเป็นข้อคู่และข้อคู่จากนั้นใช้สูตรของเปียร์แมนราวคำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อ (ซึ่งให้คะแนนแบบ 0.1) และคะแนนรวม

(ต่อ)

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

ประเภท	ความหมาย	วิธีการประมาณค่า
	3.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hoyt's Analysis of Variance Method	จากนั้นจึงใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อและคะแนนรวม จากนั้นจึงใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อและคะแนนรวม จากนั้นจึงใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟาขอครอนบาควิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางจากนั้นจึงใช้สูตรของฮอยล์

ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบความเรียง (Essay Tests) ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบผู้ตรวจให้คะแนน (Rater) แต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดทักษะนี้ วิธีการง่าย ๆ ในการหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนในแบบทดสอบเดียวกัน หรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจ

ไพศาล วรคำ (2565, น. 278) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่ง ในการวัดหลาย ๆ ครั้ง เช่น ถ้าเราเอาตุ้มน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม ไปชั่งด้วยเครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง เครื่องชั่งนั้นจะบอกค่าน้ำหนักออกมาค่าหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็น 1 กิโลกรัมหรืออาจจะเป็นค่าอื่นก็ได้ เมื่อนำตุ้มน้ำหนักนั้นชั่งด้วยเครื่องชั่งนี้กี่ครั้งต่อกี่ครั้งก็จะบอกค่าน้ำหนักค่าเดิมเสมอ แสดงว่าเครื่องชั่งมีความเชื่อมั่นส่วนค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 กิโลกรัม ตามน้ำหนักที่แท้จริงของตุ้มน้ำหนัก แสดงว่าเครื่องชั่งมีความเที่ยงตรง แต่ถ้าค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ไม่เท่ากับ 1 กิโลกรัม แสดงว่าเครื่องชั่งไม่มีความเที่ยงตรง ดังนั้นความเชื่อมั่นของแบบวัดจึงเป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่ให้ผลการวัดคงที่ในการวัดคุณลักษณะหนึ่งของบุคคลหนึ่งเมื่อคุณลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไปจึงได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธีภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิด คือ

1. การวัดความคงที่ ซึ่งจะเป็นการวัดความคงที่ของผลการวัดหลาย ๆ ครั้ง
2. การวัดความสมมูลกันเป็นการวัดแบบที่เป็นคู่ขนานเพื่อหลีกเลี่ยงการวัดซ้ำ

3. การวัดความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัดเพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคล้องของผลการวัดภายในแบบวัด

โดยการหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกันหรือดัชนีความสอดคล้องกัน ซึ่งสูตรการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ แบบอัตนัย โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคแบบอิงกลุ่ม (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 288)

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \quad (2\text{-}5)$$

เมื่อ α เป็นสัมประสิทธิ์แอลฟา

k เป็นจำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ

S_i^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนรวม t

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น หมายถึงระดับความคงที่หรือเสถียรภาพของผลการวัดที่ได้จากการใช้เครื่องมือชุดเดียวกันซ้ำหลายครั้ง โดยวัดในเรื่องเดียวกันไม่ว่าจะเป็นเวลาใดก็ตาม ทั้งนี้ การประเมินค่าความเชื่อมั่นสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ความเชื่อมั่นแบบความคงที่ (Test-Retest Reliability) ความเชื่อมั่นแบบความเทียบเท่า (Equivalent or Parallel Forms Reliability) และความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability)

2.9.5 การหาความยาก

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความยาก ไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551, น. 138) ได้กล่าวถึงความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบนั้น มีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นจะถือว่าง่าย แต่ถ้าข้อสอบนั้นมีคนตอบถูกน้อย ข้อสอบข้อนั้นถือว่ายาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลาง ข้อสอบนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูก หารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

ไพศาล วรคำ (2565, น. 298) ได้กล่าวถึงความยากว่า ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูก

มากกว่าแสดงว่าข้อสอบนั้นง่ายหรือมีค่าดัชนีความยาก (item difficulty index: p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ เช่น แบบทดสอบฉบับหนึ่งนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 50 คนได้ผล ดังนี้

ข้อที่ 1	มีนักเรียนตอบถูก	45	คน	ดัชนีความยากเท่ากับ	45/50	=	.90
ข้อที่ 2	มีนักเรียนตอบถูก	30	คน	ดัชนีความยากเท่ากับ	30/50	=	.60
ข้อที่ 3	มีนักเรียนตอบถูก	25	คน	ดัชนีความยากเท่ากับ	25/50	=	.50
ข้อที่ 4	มีนักเรียนตอบถูก	0	คน	ดัชนีความยากเท่ากับ	0/50	=	.00
ข้อที่ 5	มีนักเรียนตอบถูก	50	คน	ดัชนีความยากเท่ากับ	50/50	=	1.00

ดังนั้นค่าดัชนีความยากจึงหาได้จาก

$$p = \frac{f}{n} \tag{2-6}$$

เมื่อ p เป็นค่าดัชนีความยาก
f เป็นจำนวนผู้ตอบถูก
n เป็นจำนวนผู้เข้าสอบ

การหาค่าความยากของข้อสอบโดยทั่วไปจะนิยมหากันเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง .20 -.80 เนื่องจากข้อสอบที่ยากเกินไป (p < .20) หรือง่ายเกินไป (p > .80) จะไม่สามารถจำแนกความสามารถของกลุ่มผู้สอบได้ ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้นต้องการพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบ แต่จะพิจารณาพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่า การหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียน โดยใช้สูตรเดียวกับการหาดัชนีความยากแบบอิงกลุ่ม

สำหรับข้อสอบอัตนัยการหาดัชนีความยากจะมีวิธีการแตกต่างไปจากข้อสอบปรนัยบ้าง เนื่องจากคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อไม่ใช่ 0 กับ 1 เหมือนกับข้อสอบปรนัย การหาดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยทำได้โดยการแบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆ กันคือกลุ่มสูงและ

กลุ่มต่ำ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความยากจากสูตรของวิทนีย์และชาเบอร์สแบบอิงกลุ่ม (Whiney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 299) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - \left(2nX_{\min}\right)}{2n\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \quad (2\text{-}7)$$

เมื่อ p เป็นดัชนีความยาก
S_H เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง
S_L เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ
n เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
$X_{\max}$ เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น
$X_{\min}$ เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

ส่วนการแปลผลดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยก็ใช้เกณฑ์เดียวกับดัชนีความยากของข้อสอบปรนัย คือ ถ้าค่าดัชนีความยากสูงหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย ถ้าค่าดัชนีความยากต่ำหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกน้อย แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความยาก หมายถึงคุณสมบัติเฉพาะของข้อสอบแต่ละข้อที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ผู้ตอบจะเลือกคำตอบได้อย่างถูกต้อง โดยระดับความยากสามารถพิจารณาได้จากจำนวนผู้ที่ตอบข้อนั้นถูกต้อง หากมีผู้ตอบถูกเป็นจำนวนมาก แสดงว่าข้อนั้นมีระดับความยากต่ำ หรือกล่าวได้ว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

2.9.6 อำนาจจำแนก

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนก ไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551, น. 138) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนานจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนาจจำแนก (Discrimination Power of The Items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้อสอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ โดยถือว่าคนที่เก่ง

หรือมีความสามารถควรทำข้อสอบนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ไพศาล วรคำ (2565, น. 300) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบ หรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบข้อสอบที่มีอำนาจจำแนก ก็คือข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้ เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจจำแนก ได้แก่ แบบทดสอบ และแบบทดสอบถามเทคนิคการหาอำนาจจำแนกมีหลายวิธีตามลักษณะของเครื่องมือ ดังนี้

1. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม ดังนี้
   1.1 เทคนิคร้อยละ 50
   1.2 เทคนิคร้อยละ 27
   1.3 การหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม
   1.4 การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Biserial
2. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ หาได้ 2 แบบ ดังนี้
   2.1 ดัชนีอำนาจจำแนกของ Brennan’s Index: B-Index
   2.2 ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index: S)
3. การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัย ในกรณีของข้อสอบอัตนัยค่าคะแนนในแต่ละข้อมีได้หลายค่า การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยสามารถหาได้จากสูตร Whitney and Sabers

เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, น. 184)

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก

ความยาก (p)	ความหมาย	อำนาจจำแนก (r)	ความหมาย
0.80 – 1.00	ง่ายมาก	0.60 – 1.00	ดีมาก
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย	0.40 – 0.59	ดี
0.40 – 0.59	ปานกลาง	0.20 – 0.39	พอใช้
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก	0.10 – 0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00 – 0.19	ยากมาก	0.00 – 0.09	ควรปรับปรุง

สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (ไพศาล วรคำ 2565, น. 308) ดังนี้

$$D = \frac{S_H - S_L}{n\left(x_{\max} - x_{\min}\right)} \tag{2-8}$$

เมื่อ D เป็นอำนาจจำแนกของข้อสอบ
S_H เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง
S_L เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ
n เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
$x_{\max}$ เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น
$x_{\min}$ เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึงคุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกแยะผู้เรียนตามระดับความสามารถที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นผู้เรียนที่มีความสามารถสูง ปานกลาง หรือค่อนข้างต่ำ โดยยึดหลักการว่า ผู้ที่มีความสามารถสูงมักจะตอบคำถามได้ถูกต้อง ในขณะที่ผู้ที่มีความสามารถต่ำมักจะตอบผิด ดังนั้น ข้อสอบที่มีคุณภาพควรสามารถแยกผู้เรียนที่มีศักยภาพแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน และค่าอำนาจจำแนกนี้ยังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเที่ยงตรงเชิงสภาพของข้อสอบอีกด้วย

2.10 แบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลที่ใช้ประเมินความรู้ของนักเรียน โดยแบ่งออกเป็น แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น และ แบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งแบบทดสอบที่ดีต้องผ่านการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ประสิทธิภาพ ความยาก และอำนาจจำแนก ฯลฯ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงแบบทดสอบแบบอัตนัยในหัวข้อที่สำคัญ ดังนี้

2.10.1 ความหมายของแบบทดสอบอัตนัย

มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยไว้หลายทัศนะ ดังนี้

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548, น. 34–38) อธิบายว่า ข้อสอบอัตนัยเป็นรูปแบบการวัดที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดและมุมมองของตนเอง เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้วัดความรู้ใน

ระดับที่สูงกว่าการจดจำหรือความเข้าใจพื้นฐาน เพราะผู้ตอบต้องอาศัยกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการสื่อสารอย่างมีเหตุผล

Mehrens and Lehmann (1969, pp. 206–227) ข้อสอบอัตนัยมีลักษณะเด่นคือ ไม่มีคำตอบใดคำตอบหนึ่งที่สมบูรณ์และถูกต้องเพียงหนึ่งเดียว ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างอิสระตามความเข้าใจ ความคิดเห็น หรือประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งหมายความว่าคำตอบของผู้สอบสามารถแตกต่างกันได้ และคุณภาพของคำตอบก็จะแตกต่างกันตามระดับความลึกซึ้งและการให้เหตุผลของแต่ละคน

Hopkins and Antes (1990, pp. 231–232) เสริมว่า คำตอบในข้อสอบอัตนัยควรมีลักษณะเป็นประโยคที่มีความต่อเนื่อง เชื่อมโยงเป็นลำดับขั้น และสอดคล้องกับหลักเหตุผล ซึ่งแตกต่างจากข้อสอบปรนัยที่มักมีคำตอบที่แน่นอนและเฉพาะเจาะจง นอกจากนี้ ผู้ตรวจข้อสอบอัตนัยยังจำเป็นต้องมีความรู้ในวิชานั้น ๆ อย่างเพียงพอ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ ประเมิน และให้คะแนนคำตอบได้อย่างเป็นธรรมและแม่นยำ

สรุปได้ว่า ข้อสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือวัดผลที่เหมาะสมสำหรับการประเมินทักษะการคิดระดับสูง การให้เหตุผล การสื่อสารทางภาษา และความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ข้อสอบแบบปรนัยอาจไม่สามารถวัดได้อย่างครอบคลุมนัก

2.10.2 ประเภทของแบบทดสอบอัตนัย

มีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบอัตนัย ไว้ดังนี้

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548, น. 34–38) กล่าวว่า ข้อสอบแบบอัตนัยออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) ข้อสอบแบบไม่จำกัดคำตอบ (Extended Response Essay Test) ข้อสอบประเภทนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น อภิปราย และสังเคราะห์ข้อมูลได้อย่างอิสระ โดยไม่มีการกำหนดขอบเขตของคำตอบอย่างชัดเจน จึงเหมาะสำหรับการวัดกระบวนการคิดระดับสูง เช่น การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ และการสังเคราะห์ ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น “จงอธิบายทฤษฎีกำเนิดชนชาติไทยมา 1 ทฤษฎี” หรือ “จงเปรียบเทียบข้อดี–ข้อเสียของการปกครองระบอบประชาธิปไตยของอังกฤษกับสหรัฐอเมริกา” ข้อดีของข้อสอบประเภทนี้คือ ผู้เรียนสามารถแสดงความคิด ความเข้าใจ และมุมมองได้อย่างเสรี ส่วนข้อเสียคือ การตรวจให้คะแนนมีความเที่ยงต่ำ และอาจมีความลำเอียงในการประเมินผล 2) ข้อสอบแบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Essay Test) ข้อสอบประเภทนี้จะกำหนดขอบเขตของคำตอบให้ชัดเจนทั้งในด้านเนื้อหาและรูปแบบการเขียน ทำให้ผู้เรียนต้องตอบอยู่ภายในกรอบที่กำหนด คำตอบจึงมักมีลักษณะกระชับและสั้นกว่าข้อสอบแบบไม่จำกัดคำตอบ ตัวอย่างคำถาม เช่น “จงอธิบายสาเหตุของสงครามโลกครั้งที่ 2 มา 3 ประการ” หรือ “จงยกตัวอย่างการกระทำที่แสดงถึง

ความรักชาติ 5 ข้อ”ข้อดีคือ ข้อสอบลักษณะนี้ตรวจให้คะแนนได้ง่ายและเป็นธรรมมากกว่าแบบแรก อย่างไรก็ตาม ข้อเสียคือ ผู้เรียนมีข้อจำกัดในการแสดงความเห็นหรือการใช้ความคิดสร้างสรรค์

Mehrens and Lehmann (1969, pp. 206–277) ได้จัดแบ่งข้อสอบแบบอัตนัยออกเป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากระดับของความอิสระที่ผู้ตอบได้รับในการตอบคำถาม ดังนี้ 1) ข้อสอบแบบตอบขยาย (Extended Response หรือ Unrestricted Response) ข้อสอบประเภทนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีเสรีภาพในการเขียนคำตอบอย่างเต็มที่ จึงเหมาะสำหรับการประเมินทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ ทัศนคติ และการประเมินค่า แม้ว่าข้อสอบลักษณะนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแสดงศักยภาพทางความคิดได้อย่างกว้างขวาง แต่ข้อเสียคือการให้คะแนนทำได้ยาก เนื่องจากคำตอบมีความหลากหลายและตีความได้แตกต่างกัน มักใช้คำสั่งเช่น “จงอภิปราย” “เปรียบเทียบ” หรือ “แสดงความคิดเห็น” 2) ข้อสอบแบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response หรือ Short-Essay Item) ลักษณะของข้อสอบประเภทนี้คือมีการกำหนดกรอบหรือขอบเขตของคำตอบไว้อย่างชัดเจน ผู้เรียนจึงต้องตอบให้กระชับและอยู่ภายในแนวทางที่กำหนด ข้อดีคือสามารถตรวจให้คะแนนได้สะดวกและเป็นระบบมากกว่าประเภทแรก โดยมักใช้คำถามในลักษณะ “จงนิยาม” “ตอบสั้น ๆ” หรือ “อธิบายสั้น ๆ”

Hopkins and Antes (1990, pp. 231–232) ได้จำแนกข้อสอบอัตนัยออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) แบบขอบเขตกว้างแต่เวลาจำกัด (Extended-Response) ข้อสอบประเภทนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกเขียนคำตอบอย่างอิสระภายใต้เวลาที่จำกัด เหมาะสำหรับการวัดทักษะการเขียน การใช้ภาษา และการเรียบเรียงความคิดอย่างมีเหตุผล 2) แบบจำกัดคำตอบ (Limited-Response) ข้อสอบชนิดนี้จะมีการระบุขอบเขตของคำตอบไว้อย่างชัดเจน เหมาะสำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

สรุปได้ว่า ข้อสอบแบบอัตนัยเป็นเครื่องมือวัดผลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดอย่างอิสระ โดยนักวิชาการหลายท่านได้จำแนกข้อสอบอัตนัยออกเป็น 2 ประเภทหลัก ตามระดับของความอิสระในการตอบ ได้แก่ 1) ข้อสอบแบบตอบขยาย (Extended Response หรือ Unrestricted Response) ข้อสอบประเภทนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบคำถามอย่างเสรี โดยไม่มีการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาและรูปแบบคำตอบอย่างตายตัว เหมาะสำหรับการวัดกระบวนการคิดขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ ทัศนคติ และการประเมินค่า มักใช้คำถามประเภท “จงอภิปราย” “เปรียบเทียบ” หรือ “แสดงความคิดเห็น” ข้อดีของข้อสอบลักษณะนี้คือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความรู้และมุมมองได้อย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียคือการให้คะแนนทำได้ยากและอาจขาดความเที่ยงตรง เนื่องจากคำตอบมีความหลากหลาย 2) ข้อสอบแบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response หรือ Limited/Short-Essay Response) ข้อสอบลักษณะนี้มีการกำหนดขอบเขตของคำตอบไว้ชัดเจนทั้งในด้านเนื้อหาและรูปแบบ ทำให้ผู้เรียนต้องตอบภายในกรอบที่กำหนด คำตอบจึงมักมีลักษณะกระชับ

และสอดคล้องกับแนวคำถาม เหมาะสำหรับการวัดความรู้เฉพาะด้านหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อดี คือสามารถตรวจให้คะแนนได้ง่ายและเป็นธรรม ส่วนข้อเสียคือผู้เรียนมีข้อจำกัดในการแสดงความคิดเชิงลึกหรือสร้างสรรค์ มักใช้คำถามลักษณะ “จงนิยาม” “ตอบสั้น ๆ” หรือ “อธิบายสั้น ๆ”

2.10.3 หลักสำคัญในการสร้างข้อคำถามแบบอัตนัย

แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดปัญหาหรือเรื่องราวให้ โดยให้ผู้ตอบอธิบายหรือบรรยายแสดงความคิดเห็น หรือวิพากษ์วิจารณ์อย่างอิสระในเวลาที่กำหนดให้ ในการสร้างข้อคำถามแบบอัตนัยต้องพิจารณาหลายสิ่งหลายอย่างเพื่อตรงตามจุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดประเมินผลให้สอดคล้องกันทั้งระบบ โดยมีหลักสำคัญในการสร้างข้อคำถามดังต่อไปนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2545, น. 212-213) กล่าวว่า ต้องดูจุดประสงค์ของการสอบก่อนแล้วจึงเขียนข้อคำถามเพื่อให้ตรงจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด ควรใช้คำถามที่มีความกระจ่างชัดด้วยหลักการถามและหลักภาษา คำถามควรคำนึงถึงเวลาที่ให้ผู้ตอบทำการตอบ คำถามทุกคำถามผู้สอบควรทำเฉลยไว้ และวางแผนการให้คะแนนแต่ละส่วนว่าเป็นเท่าไร เพื่อเปรียบเทียบ นอกจากนั้นต้องพิจารณาคำตอบที่มีโอกาสเป็นไปได้ที่ไม่จำเป็นจะต้องตรงกับเฉลยทุกตัว แต่ก็จะถูกสามารถได้คะแนนได้ด้วยลักษณะของแบบทดสอบอัตนัย

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 355-356) เสริมว่า การตั้งคำถามแบบอัตนัยควรกำหนดขอบเขตของเนื้อหาให้ชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่คลุมเครือ เพื่อป้องกันความสับสน และควรจัดเตรียมแนวคำตอบหรือเฉลยล่วงหน้า พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเป็นระบบเพื่อให้การประเมินผลมีความน่าเชื่อถือ

อำไพ สุจริตกุล (2549, น. 305) กล่าวว่า ข้อสอบอัตนัยควรคำนึงถึงเวลาในการตอบของผู้เรียน โดยกำหนดความยาวของคำถามให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่มี รวมทั้งควรออกแบบคำถามให้สอดคล้องกับระดับความคิดที่ต้องการวัด เช่น ความเข้าใจ การวิเคราะห์ หรือการประเมินค่า

สุชาติ อิ่มจิตต์ (2551, น. 235) ให้ข้อเสนอแนะว่า คำถามแบบอัตนัยที่ดีควรเน้นให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดและเหตุผลประกอบการตอบ ไม่ควรออกคำถามที่กำกวมหรือเปิดกว้างเกินไป เพราะจะทำให้การตรวจให้คะแนนยากและขาดความเที่ยง

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548, น. 225-226) ระบุว่า ในการเขียนข้อคำถามแบบอัตนัยควรหลีกเลี่ยงการใช้คำถามปลายเปิดที่กว้างจนเกินไป และควรมีการกำหนดแนวคำตอบที่ชัดเจนเพื่อช่วยในการให้คะแนนอย่างเป็นธรรม รวมทั้งควรพิจารณาความยากง่ายของคำถามให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การสร้างข้อสอบแบบอัตนัยควรคำนึงถึงจุดประสงค์ของการวัดผลให้ชัดเจน โดยออกแบบคำถามให้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ใช้ภาษาที่กระชับ ชัดเจน และไม่กำกวม รวมถึงต้อง

พิจารณาเวลาในการตอบของผู้เรียนให้เหมาะสม คำถามควรกำหนดขอบเขตเนื้อหาให้ชัดเจน และควรมีการเตรียมแนวคำตอบหรือเฉลยพร้อมเกณฑ์การให้คะแนนไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การประเมินผลมีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิด เหตุผล และความคิดเห็นอย่างเหมาะสม โดยหลีกเลี่ยงการตั้งคำถามที่กว้างเกินไป ซึ่งอาจทำให้การตรวจให้คะแนนมีความคลาดเคลื่อนหรือขาดความเที่ยงได้

2.10.4 การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย

นักวัดผลการศึกษาหลายท่านได้อธิบายถึงความหมายและแนวทางการให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย ซึ่งครอบคลุมถึงวิธีการตรวจที่หลากหลาย เช่น การตรวจแบบวิเคราะห์รายประเด็น (Analytic Scoring) และการประเมินแบบองค์รวม (Holistic Scoring) เยาวดี วิบูลย์ศรี (2545, น. 132–138) ระบุว่า การสร้างข้อสอบอัตนัยเพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียน ไม่ได้จบลงเพียงแค่การออกข้อสอบและนำไปใช้เท่านั้น แต่ยังรวมถึงขั้นตอนการตรวจให้คะแนนกระดาษคำตอบ ซึ่งต้องดำเนินการอย่างมีระบบ เพื่อให้ผลคะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือและสะท้อนผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง ภายหลังจากการจัดทำข้อสอบที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้แล้ว การตรวจให้คะแนนควรดำเนินไปตามหลักการสำคัญ ดังนี้

1. ลดอคติและความลำเอียงของผู้ตรวจให้น้อยที่สุด
2. พิจารณาคำตอบตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำถามอย่างรอบคอบ
3. หลีกเลี่ยงการใช้ความคิดเห็นส่วนตัวมาเป็นเกณฑ์ตัดสิน
4. ใช้เกณฑ์การตรวจที่เป็นมาตรฐาน เพื่อให้เกิดความเที่ยงและความเสมอภาคต่อผู้เรียน

การตรวจข้อสอบแบบอัตนัยต้องทำให้เกิดความยุติธรรมและคงเส้นคงวา หากการตรวจขาดความคงเส้นคงวา คะแนนที่ได้ก็จะไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ปัจจุบันมีวิธีการตรวจสอบแบบอัตนัยที่นิยมใช้มากที่สุด 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการตรวจแบบเทียบเกณฑ์ (Analytical Method หรือ Point Method) การตรวจข้อสอบแบบนี้ ผู้ตรวจจะต้องกำหนดแนวการตอบไว้ล่วงหน้าก่อน โดยแยกคำตอบออกเป็นตอนย่อย ๆ ตามความสำคัญ การตรวจจะนำกระดาษคำตอบมาวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์หรือแนวคำตอบที่ได้กำหนดไว้ โดยครูผู้เขียนข้อสอบควรกำหนดเกณฑ์การตอบพร้อมกับการเขียนข้อคำถาม ไม่ควรตั้งเกณฑ์เมื่อเริ่มทำการตรวจ วิธีนี้เหมาะสมกับข้อสอบที่มีขอบเขตการตอบที่ชัดเจน

2. วิธีการตรวจโดยการจัดอันดับคุณภาพ (Rating or Holistic Method) ในวิธีนี้ ผู้ตรวจจะอ่านกระดาษคำตอบของนักเรียนทั้งหมดทีละข้อ แล้วนำคำตอบมาจัดกลุ่มตามระดับคุณภาพ เช่น กลุ่มดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ หรือไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาอีกครั้งเพื่อจัดลำดับคำตอบในแต่

ละกลุ่ม โดยให้คะแนนตามลำดับคุณภาพ ผู้ที่ได้อันดับสูงสุดจะได้รับคะแนนมากที่สุด คะแนนจะลดลงตามลำดับการจัดอันดับ วิธีนี้ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในคะแนนมากยิ่งขึ้น.

Ebel (1972, pp. 149–152) ได้เสนอแนวทางในการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัยไว้ 2 แนวทางหลัก ดังนี้ 1) การตรวจแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring) แนวทางนี้มุ่งพิจารณาส่วนประกอบของคำตอบแยกออกจากกันอย่างเป็นอิสระ โดยการให้คะแนนจะอิงกับองค์ประกอบหลักของคำตอบแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาว่าส่วนประกอบเหล่านั้นสามารถเชื่อมโยงกันเป็นเนื้อหาที่ยึดโยงกันได้ดีเพียงใด หากความเชื่อมโยงมีลักษณะที่ซับซ้อนหรือเข้าใจได้ยาก การเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอาจทำได้ไม่สะดวก และอาจต้องใช้เวลามากในการตรวจ 2) การประเมินแบบภาพรวม (Global Quality Scaling) วิธีนี้เน้นการพิจารณาคุณภาพของคำตอบในภาพรวม โดยผู้ตรวจจะอ่านคำตอบทั้งหมดและให้คะแนนตามความประทับใจโดยรวมที่ได้รับ จากนั้นจึงแปลงเป็นระดับคะแนนที่เหมาะสม การควบคุมความสม่ำเสมอของการให้คะแนนสามารถทำได้โดยการจัดกลุ่มคำตอบที่มีลักษณะคล้ายกันไว้ด้วยกัน เมื่อจัดกลุ่มแล้ว ผู้ตรวจสามารถทบทวนและเปรียบเทียบอีกครั้งว่าคำตอบแต่ละกลุ่มนั้นสมควรได้รับคะแนนในระดับใด ทั้งนี้ควรกำหนดจำนวนของแต่ละกลุ่มไว้ล่วงหน้า และพยายามให้การแจกแจงคะแนนเป็นไปตามที่วางแผนไว้ นอกจากนี้ ยังแนะนำแนวทางที่ช่วยเพิ่มความยุติธรรมและลดความเอนเอียงในการตรวจ เช่น การตรวจแบบทีละคำถาม (ตรวจคำตอบของคำถามเดียวกันทั้งหมดก่อน) การปิดบังชื่อผู้ตอบเพื่อไม่ให้ผู้ตรวจรู้ว่าเป็นคำตอบของใคร และการให้ตรวจโดยผู้ตรวจอิสระเพื่อลดผลกระทบจากการเปรียบเทียบระหว่างคำตอบ

Meherns and Lehmann (1973, pp. 229–238) ได้เสนอแนวทางในการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยไว้สองวิธีหลัก ได้แก่ วิธีประเมินโดยรวม (Holistic Method) และ วิธีวิเคราะห์ย่อย (Analytic Method) โดยวิธีประเมินโดยรวม ผู้ตรวจจะอ่านคำตอบทั้งหมดในภาพรวมอย่างรวดเร็วแล้วใช้ความประทับใจร่วมกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในการจำแนกระดับคุณภาพของคำตอบ โดยทั่วไปจะจัดคำตอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ “กลุ่มที่ยอมรับได้” และ “กลุ่มที่ไม่ยอมรับได้” หรือในบางกรณีอาจแบ่งเป็น 4 หรือ 5 ระดับ เช่น ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำกว่ามาตรฐาน และต่ำมาก ส่วนในวิธีวิเคราะห์ย่อย ผู้ตรวจจะให้คะแนนตามองค์ประกอบสำคัญของคำตอบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เช่น จำนวนประเด็นที่ตอบได้ถูกต้อง การแสดงเหตุผล การอธิบายที่ชัดเจน และการยกตัวอย่างประกอบ ซึ่งการให้คะแนนในแต่ละประเด็นจะพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาในการตอบ ความซับซ้อนของคำถาม และเนื้อหาที่ครูได้สอน

Whitney and Sabers (1976, p. 5) ได้จำแนกวิธีการตรวจข้อสอบอัตนัยออกเป็น 2 แนวทางหลัก มีรายละเอียดดังนี้ 1) การตรวจโดยใช้เกณฑ์ (Analytic or Point Method) ซึ่งต้องกำหนดแนวคำตอบล่วงหน้าและแบ่งคำตอบออกเป็นส่วนย่อยตามองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น การลำดับ

ความคิด การใช้หลักฐาน หรือการยกตัวอย่างประกอบ จากนั้นผู้ตรวจจะให้คะแนนตามองค์ประกอบแต่ละส่วน และนำคะแนนไปรวมกันเป็นคะแนนรวม 2) การตรวจแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating or Holistic Method) โดยจะอ่านคำตอบของผู้เรียนแบบทั้งฉบับ แล้วจำแนกเป็นกลุ่มตามคุณภาพของคำตอบ เช่น ดีมาก ดี พอใช้ และอ่อน แล้วพิจารณาเรียงลำดับคุณภาพก่อนที่จะกำหนดคะแนนตามลำดับ

Wiersma and Jurs (1985, pp. 175–177) ให้ความเห็นว่า การตรวจข้อสอบแบบอัตนัยเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความรอบคอบอย่างมากในการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนน เพราะมีความท้าทายในการรักษาความน่าเชื่อถือของคะแนน ดังนั้นการใช้ โมเดลคำตอบ (Model Answer) ที่เตรียมไว้ล่วงหน้าจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการลดความแตกต่างในการให้คะแนนของผู้ตรวจ วิธีให้คะแนนแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้ 1) วิธีวิเคราะห์ย่อย (Analytic Scoring) ซึ่งเน้นการแยกคำตอบออกเป็นองค์ประกอบย่อยที่ชัดเจน ทำให้สามารถตรวจและให้คะแนนได้อย่างมีระบบและน่าเชื่อถือ 2) วิธีประเมินแบบองค์รวม (Holistic Scoring) ซึ่งผู้ตรวจจะประเมินคำตอบจากภาพรวมและใช้ความรู้สึกโดยรวมในการจัดระดับคุณภาพของคำตอบ แม้ว่าวิธีนี้จะใช้เวลาน้อยกว่า แต่ก็มีแนวโน้มที่จะขาดความแม่นยำและความเป็นปรนัยมากกว่าวิธีวิเคราะห์ย่อย

สรุปได้ว่า การตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความรอบคอบและความเป็นธรรมอย่างสูง เพราะผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดหลากหลายรูปแบบ วิธีการให้คะแนนที่นิยมแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ การตรวจแบบแยกรายประเด็นที่มุ่งเน้นการให้คะแนนตามองค์ประกอบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และการประเมินแบบองค์รวมที่พิจารณาคำตอบโดยรวมจากคุณภาพหรือความประทับใจ ทั้งสองวิธีมีจุดแข็งและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้ตรวจควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะข้อสอบและเป้าหมายของการวัดผล ที่สำคัญคือกระบวนการให้คะแนนควรมีเกณฑ์ที่ชัดเจน โปร่งใส และสามารถลดอคติในการประเมินได้มากที่สุด เพื่อให้ผลการวัดสะท้อนความสามารถของผู้เรียนอย่างแท้จริง

2.11 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับหรือเกณฑ์ประสิทธิภาพที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในระดับที่พึงพอใจ หากมีประสิทธิภาพในระดับนั้นแล้ว การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็นประสิทธิภาพ ของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 154)

2.11.1 ความหมายของประสิทธิภาพ และการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมายของประสิทธิภาพและการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

เผชิญ กิจระการ (2544, น. 44-51) กล่าวไว้ว่า วิธีการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น 2 วิธีดังนี้

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักการของความรู้ และเหตุผลในการตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ (Usability) ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนนำมาหาประสิทธิภาพต่อไป

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของสื่อ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน CAI บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน แผนการสอน แบบฝึกทักษะ เป็นต้น ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการเรียนหรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงเป็นค่าตัวเลขสองตัว เช่น $E_1 / E_2 = 80/80,$ $E_1 / E_2 = 85/85, E_1 / E_2 = 90/90$

เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1 / E_2 มีความหมายแตกต่างกนหลายลักษณะในที่นี้จะยกตัวอย่าง $E_1 / E_2 = 80/80$ ดังนี้

2.1 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนการหาค่า คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80

2.2 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก(E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียนครั้งนั้น ได้คะแนนร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ถึงร้อยละ 80 (E_1) ส่วน 80 หลัง (E_2) คือ ผลการสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด 40 คนได้คะแนนร้อยละ 80

2.3 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยเปรียบเทียบคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pre-test) ตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ ดังนี้ สมมุติว่า นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดก่อนเรียน (Pre-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่าแตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ 100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่าความแตกต่างของสองครั้งนี้ (ก่อนเรียนกับหลังเรียน) เท่ากับ 85-10 = 75 ดังนั้น ค่าของ (E_2) = (75/90)×100 = 83.33% ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ $(E_2 = 80)$

2.4 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูก มีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าสื่อไม่มีประสิทธิภาพ และชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง) สรุปว่าเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนการสอนจะนิยมตั้งเป็นตัวเลขสามลักษณะ คือ 80/80, 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชา และเนื้อหาที่นำมาสร้างสื่อนั้น ถ้าเป็นวิชาที่ค่อนข้างยาก ก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80 หรือ 85/85 สำหรับวิชาที่มีเนื้อหาง่ายก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 90/90 เป็นต้น เมื่อคำนวณค่าแล้วค่าที่ถือว่าใช้ได้ คือ 87.5/87.5 หรือ 87.5/90 เป็นต้น

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546, น. 42) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง เกณฑ์ระดับที่ผู้ผลิตแบบฝึกพอใจว่า ถ้าหากแบบฝึกมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วจะมีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย จากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ตามเกณฑ์ 70/70 ประสิทธิภาพนั้นมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ E_1 เป็นตัวเลขแรก และ E_2 เป็นตัวเลขตัวหลัง ถ้าตัวเลข

เข้าใกล้ร้อยมากก็ถือว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และประสิทธิภาพของชุดการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ตามเกณฑ์ 70/70 โดยที่ 70 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบฝึกทักษะ และใบกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 70 และ 70 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงทั้งใน และต่างประเทศ พบว่ามีนักวิจัย ได้ทำการศึกษาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.12.1 งานวิจัยในประเทศ

ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังนี้

เกวลี มาหา (2565, น. 185-196) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องความน่าจะเป็น หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องความน่าจะเป็น ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนแห่งหนึ่ง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ความน่าจะเป็น แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที t-test for one

Sample และการทดสอบค่าสถิต t-test for dependent samples ผลการการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก้องเกียรติ เสนกัลป์ (2563, น. 269-283) ศึกษาการพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชันตรีโกณมิติของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง ฟังก์ชันตรีโกณมิติ หน่วยการเรียนรู้เรื่องตรีโกณมิติและการประยุกต์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 โรงเรียนมอ.วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 28 คน เครื่องมือการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน แบบบันทึกภาคสนาม แบบประเมินปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เครื่องบันทึกวีดีทัศน์ เครื่องบันทึกเสียง และภาพถ่าย การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโคเลอร์และไพรเออร์ (Kochler and Prior, 1993) โดยวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ สถิติที่ใช้คือสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดนั้น ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการใช้คำถามของครูผู้สอนซึ่งมักเป็นคำถามที่กระตุ้นกระบวนการ คิดระดับพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนเข้าถึงสถานการณ์ปัญหา และเตรียมความรู้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปลายเปิด ปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นจากการใช้คำถามของนักเรียนแก่เพื่อนนักเรียน เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหาเพื่อช่วยกันหา วิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนได้รับ การใช้คำถามกับครูผู้สอนเมื่อนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง และเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย การใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดระดับสูงเพื่อให้นักเรียนพยายามใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มาอธิบายและแก้ปัญหาที่ได้รับ ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน พบว่าปฏิสัมพันธ์ในขั้นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อปัญหาที่ นักเรียนได้รับนั้นมีความท้าทายกับตัวนักเรียน และทำให้เกิดแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา โดยคำถามที่ครูผู้สอนใช้จะมีทั้งคำถามกระตุ้นกระบวนการคิดระดับพื้นฐาน และระดับสูงเพื่อให้ นักเรียนอธิบายการแก้ปัญหาของตนเองแก่ชั้นเรียน ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ เกิดขึ้นของนักเรียน จะเป็นการใช้

คำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิดระดับพื้นฐานของครูผู้สอน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของการจัดการเรียนรู้ และคำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิด ระดับสูงเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ ทางคณิตศาสตร์และเกิดการอภิปรายร่วมกันในชั้น เรียน 2) การพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ตำแหน่งของการพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้ที่ สำคัญ มีผลมาจากขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และขั้นอภิปราย เปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน เมื่องานที่นักเรียนได้รับมอบหมายนั้นมีความท้าทายกับ ความสามารถ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ทำให้นักเรียนพยายามค้นหาคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับ ส่งผลให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาและเกิดการ แลกเปลี่ยนความคิดวิธีการแก้ปัญหาแก่กลุ่มของตนเองทำให้ปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน สูงขึ้น

พงศ์พิชญ์ เฮ้าปาน (2562, น. 129-143) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิด วิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับเกณฑ์ ร้อยละ 75 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ วิธีการแบบเปิด (Open approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนซับสมบูรณ์วิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 11 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง ดาวฤกษ์ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัด ความสามารถการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples) 3) แบบวัดความพึงพอใจใช้พื้นฐานหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่อง ดาวฤกษ์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 มีกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการนำเสนอปัญหา ขั้นการเรียนรู้และ แก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอภิปรายผล และขั้นสรุปและเชื่อมโยงแนวคิด และเมื่อนำไปทดลองใช้มี ประสิทธิภาพเท่ากับ 75.05/75.44 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05และความสามารถ

ในการคิดวิเคราะห์สูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ วิธีการแบบเปิด (Open approach)โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ศุภมาศ แก้วมณี (2561, น. 1029-1040) ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อน เรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบ ปกติ 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด 3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดย วิธีการสอนแบบปกติและการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด การวิจัยนี้เป็นการวิจัยรูปแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมชนบึงบา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 70 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ การเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารจำนวนนับ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด 2) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีการสอนแบบปกติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ 0.05 2) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบ ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กฤษฎา ขุนอาจ (2560, น. 10-25) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถ ในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 โรงเรียนบ้านสวน (จั่นอนุสรณ์) อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 45 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้

ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS สูงกว่าก่อนได้รับ การจัดการเรียนรู้และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปจากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง จะเห็นได้ว่าทำให้นักเรียน ได้มีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ สนใจตั้งใจเรียนมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองด้วยแสดงแนวคิดที่หลากหลาย และผู้สอนเป็นผู้ที่คอยชี้แนะ และเป็นการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสม ทำให้นักเรียนได้พัฒนาชุด ความคิดของตนเอง และมีความพร้อมให้เข้ากับยุคโลกาภิวัฒน์ที่มีความเจริญก้าวหน้าในศตวรรษ ที่ 21 ซึ่งต่างก็ทำให้นักเรียนมีวิธีการคิด การวางแผนแบบเป็นขั้นเป็นตอน มีความพึงพอใจมากขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และมีพัฒนาการของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding) ดังนี้

เกษรา ศรีเมือง (2566, น. 27-48) ศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและ ทรงกระบอกโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT กลุ่มเป้าหมายใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาบอน อำเภอคำม่วงจังหวดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน โดยวิธีการได้มาจาก การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกและ แบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก หลังใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนสร้างความคิด รวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำโดยที่นักเรียนแปลความหมาย จากข้อมูลโดยการสังเกต และนำความรู้เดิมมาใช้ ความเข้าใจในระดับการจัดกระทำถูกพัฒนา เป็นระดับกระบวนการ ซึ่งเป็นการอธิบาย เปรียบเทียบ สะท้อนสิ่งที่สังเกตได้จาก

ภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอและมีการสร้างความคิดรวบยอดในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นความ เข้าใจในระดับโครงสร้างต่อไป 2) ในการทำกิจกรรม ใบงานและทำ แบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละกิจกรรม พบว่านักเรียนเกิดความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process) และระดับโครงสร้าง (Structure) และ แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดีเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียนรู้

อัครพล พรมตรุษ (2565, น. 61-75) ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และศึกษาสาเหตุที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา 2 จำนวน 9 คน ดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ เป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 8 แผน แบบทดสอบมโนทัศน์ท้ายบทเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ แบบทดสอบระดับความเข้าใจมโนทัศน์แบบอัตนัย 3 ฉบับ และแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลในรูปของเมตริกซ์เพื่อประเมินคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ระดับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และระยะการก่อกำเนิดของมโนทัศน์ร้อยละ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ท้ายบทเรียนร้อยละ 61.85 สาเหตุที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ได้แก่ 1) มโนทัศน์พื้นฐานคลาดเคลื่อนหรือมโนทัศน์พื้นฐานไม่สมบูรณ์ 2) ความไม่คงทนของมโนทัศน์ และ 3) การไม่เข้าใจความต้องการของสถานการณ์ปัญหา

ศุภกิจ ประชุมกาเยาะมาต (2563, น. 209-304) ศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องการวัดความยาวและการชั่งของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 งาน วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่งของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS และจัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง โดยเลือกแบบจำเพาะเจาะจงอย่างมีจุดมุ่งหมาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และ

งานปฏิบัติเรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 46 ข้อที่ สร้างขึ้นตามกรอบทฤษฎี APOS การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง จาก-นั้นแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน โดยพิจารณาคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง โดยใช้เทคนิค 25% (1: 2: 1) จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดังกล่าวทำงานปฏิบัติเพื่อพิจารณาคะแนนและจัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง ซึ่งการวิจัยนี้จัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A AP APO และ APOS ผลของ ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า เนื้อหาเรื่อง การวัดความยาว คะแนนระดับการกระทำ (A) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.95 คะแนนระดับกระบวนการ (P) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.08 คะแนนระดับสิ่งที่เรียนรู้ (O) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 51.88 และคะแนนระดับแผนภาพทางปัญญา (S) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 สำหรับเนื้อหาเรื่อง การชั่ง คะแนนระดับการกระทำ (A) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 86.20 คะแนนระดับกระบวนการ (P) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 65.55คะแนนระดับสิ่งที่เรียนรู้ (O) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.93 และคะแนนระดับแผนภาพทางปัญญา (S) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 63.43 ผลของ การจัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งอยู่ในกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม APOS จำนวน 2 คนกลุ่ม APO จำนวน 4 คน กลุ่ม AP จำนวน 2 คน และกลุ่ม A จำนวน 2 คน รวมทั้งหมด 10 คน นักเรียนกลุ่มปานกลางอยู่ในกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม APO จำนวน 1 คน กลุ่ม AP จำนวน 1 คน กลุ่ม A จำนวน 9 คน และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน รวมทั้งหมด 20 คน และนักเรียนกลุ่มอ่อนอยู่ในกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม A จำนวน 4 คน และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 6 คน รวมทั้งหมด 10 คน

เจษฎา อินพินิจ (2559, น. 154-167) ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบกับผลการจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา ใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวนกลุ่ม ละ 31 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลยพิทยาคม จังหวัดเลย ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ดำเนินการวิจัยโดยให้ทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทาง

คณิตศาสตร์ก่อนเรียน จากนั้นกลุ่มทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา และกลุ่มควบคุมใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ แล้วให้ทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังเรียน และทำการศึกษาความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนการสอนสำหรับกลุ่มทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน-หลังเรียนและแบบวัดความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานและการทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสะเต็มศึกษามีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 อีกทั้งนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก

ชานันท์ ข่าขันมะลี (2559, น. 324-336) ศึกษาการศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวกบรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 กลุ่มตัวอยางที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/2 โรงเรียนเทศบาลหนองหญ้าม้า สังกดเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2558 จำนวน 26 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดระดับพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกบรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ และ 2) แบบสัมภาษณ์พัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกบรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ แบบมีโครงสร้างวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน และใช้วิธีการศึกษาเฉพาะรายกรณี (Case Study Method) แล้วนำเสนอด้วยวิธีพรรณนาวิเคราะห์ (Descriptive Analysis) ผลวิจัยพบว่า ระดับพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกบรูปเรขาคณิตสองมิติ และสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรียงจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ระดับที่ 4 การสังเกตคุณสมบัติ จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 26.92 ระดับที่ 2 การสร้างมโนภาพ ระดับที่ 3 การมีมโนภาพ ระดับที่ 5 การสร้างข้อสรุปเชิงนามธรรม จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 19.23 และระดับที่ 1 ความรู้พื้นฐาน จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 15.38 และผลการสัมภาษณ์ระดับพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ ระดับที่ 4 การสังเกตคุณสมบัติ นักเรียนสังเกตสิ่งที่อยูรอบตัว แล้วอธิบายสิ่งของนั้น ๆ โดยการพิจารณาคุณสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติ ในการมองด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า จากนั้นมีการอธิบายแต่ละส่วนที่เป็น รูปเรขาคณิตสองมิติ แล้วนำมารวมกนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ ระดับที่ 2 การสร้างมโนภาพ ในการสร้างรูปเรขาคณิตจะต้องมีพื้นฐานในการสร้าง ไม่ว่าจะเป็น จุด เส้นตรง เส้นโค้ง

ธวัตรชัย เดนชา (2558, น. 1719-1734) ศึกษาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง ในชั้นเรียนที่ใช้การสอนด้วยวิธีการแบบเปิด การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและนำเสนอข้อมูลแบบบรรยายเชิงวิเคราะห์ วัตถุประสงค์เพื่อสำรวจระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เลขยกก าลัง ในชั้นเรียนที่ใช้การสอนด้วยวิธีการแบบเปิด กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/15 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 6 คน (3 คู่) ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนตาม 4 ขั้นตอนของวิธีการเปิดตามแนวคิดของ Inprasitha (2010) จากการสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เลขยกกำลัง จำนวน 6 แผน 6 ชั่วโมง ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในชั้นเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสำรวจระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เครื่องบันทึกวิดิทัศน์ ผลงานนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์โพรโทคอล (Protocol Analysis) โดยอาศัยกรอบ APOS Theory ของ Dubinsky and McDonald (2001) มาใช้ในการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า 1) ขั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด นักเรียนมีความเข้าใจในระดับการ จัดกระทำและระดับกระบวนการ 2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน นักเรียนมีความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ ระดับกระบวนการ และระดับวัตถุ 3) ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน นักเรียนมีความเข้าใจในระดับกระบวนการและระดับวัตถุ 4) ขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนทเกิดขึ้นในชั้นเรียน นักเรียนสามารถเชื่อมโยง ระดับกระบวนการ และความเข้าใจในระดับวัตถุ ให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้ได้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่าชั้นเรียนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ใช้การสอนด้วยวิธีการแบบเปิดทำให้ครูมีวิธีการและแนวทาง “How to” เข้าถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างใกล้ชิด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2557)

สรุปจากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเรียนรู้แบบเปิด หรือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ล้วนส่งผลให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับความเข้าใจจากพื้นฐานสู่ระดับที่สูงขึ้น นักเรียนสามารถสร้างมโนภาพ อธิบาย เปรียบเทียบ และเชื่อมโยงแนวคิดได้ดีขึ้น ความเข้าใจของนักเรียนพัฒนาเป็นลำดับ และมีแนวโน้มไปสู่ระดับโครงสร้างมากขึ้น การจัดกิจกรรมที่หลากหลายและตรงตามลักษณะของผู้เรียนเป็นกุญแจสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง ทั้งยังสามารถตรวจพบอุปสรรคที่ขัดขวางความเข้าใจ และใช้แนวทางการสอนเพื่อช่วยให้ก้าวข้ามข้อจำกัดเหล่านั้นได้อย่างเหมาะสม

2.12.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังนี้

Sales-Contini, et.al. (2025, pp. 188-214) ได้ทำการศึกษาด้วยแนวทางทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาแบบจำลองเชิงคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของขยะในบริบทที่หลากหลาย โดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจผลกระทบของจำนวนประชากร ความเป็นอยู่ และสภาพเศรษฐกิจต่อสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางลดผลกระทบดังกล่าวในระดับโลก ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูลจำนวนมากจาก 5 ประเทศ ซึ่งครอบคลุมช่วงปี 2010–2020 โดยมีความแตกต่างทั้งทางภูมิศาสตร์และสังคมเศรษฐกิจ ข้อมูลถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling) เพื่อตรวจสอบตัวแปรใหม่ ๆ ที่สามารถคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของขยะในอนาคต ผลจากการวิเคราะห์เผยว่า การลดปริมาณขยะสามารถส่งเสริมได้ผ่านการลงทุนด้านสิ่งแวดล้อม การให้ความรู้ทางเพศศึกษา การให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อจำกัดทางเศรษฐกิจในการวางแผนครอบครัว และการสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับการบริโภคอย่างมีสติ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบายสาธารณะที่มีพื้นฐานบนหลักฐานเชิงประจักษ์

Vake, et al. (2025, pp. 1-18) ได้ศึกษาแนวโน้มและผลกระทบของการพัฒนาโมเดลภาษาแบบเปิด (Open-Source Large Language Models: LLMs) โดยใช้แนวทางวิเคราะห์เชิงข้อมูล (Data-Driven Approach) เพื่อทำความเข้าใจบทบาทของชุมชนผู้พัฒนาในด้านการปรับปรุง แก้ไข และทดลองโมเดล AI แบบเปิด แม้โมเดลแบบปิดจะมีข้อได้เปรียบด้านทรัพยากรและประสิทธิภาพการประมวลผล แต่โมเดลแบบเปิดก็ได้รับความนิยมจากการเน้นความโปร่งใส ความเชื่อถือ และการมีส่วนร่วม อย่างไรก็ตาม การเปิดเผยโค้ดก็มีความเสี่ยง เช่น การใช้งานในทางที่ผิด การขาดแคลนเงินทุน และปัญหาทรัพย์สินทางปัญญา การวิจัยนี้พบว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนสามารถยกระดับประสิทธิภาพของโมเดลแบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อมีการปรับแต่งอย่างต่อเนื่องโดยไม่กระทบต่อความเสถียรของระบบ นอกจากนี้ ยังพบว่าความพยายามของชุมชนในการออกแบบสถาปัตยกรรมโมเดลมีผลต่อความก้าวหน้าทาง AI อย่างเป็นรูปธรรม บทความนี้เสนอว่า โครงการโอเพนซอร์สสามารถเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนา AI ในอนาคต และควรได้รับความสนใจจากนักวิจัย นักพัฒนา และผู้กำหนดนโยบาย เพื่อกำหนดแนวทางที่สมดุลระหว่างนวัตกรรม เทคโนโลยี และการควบคุมด้านจริยธรรม

Salviejo, et al. (2024, pp. 1107-1116) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking Disposition: CTD) และวิธีการเรียนรู้ (Learning Approach) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของครูคณิตศาสตร์ก่อนประจำการ (Pre-Service

Math Teachers) ในประเทศฟิลิปปินส์ โดยเน้นการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และสร้างความเป็นธรรมทางการศึกษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า แนวโน้มการคิดเชิงวิจารณญาณ (Critical Thinking Disposition: CTD) ในด้านต่าง ๆ เช่น การสะท้อนคิด ความเอาใจใส่ ความเปิดกว้าง การจัดระเบียบ ความพากเพียร และแรงจูงใจภายใน ร่วมกับแนวทางการเรียนรู้ (ทั้งแบบลึกและแบบผิวเผิน) สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของครูก่อนประจำการได้หรือไม่ กลุ่มตัวอย่างคือครูก่อนประจำการจำนวน 125 คน ในเขตภาคกลางของประเทศฟิลิปปินส์ โดยใช้แบบสอบถาม CTDs แบบเจรจาร่วมกับผู้สอน แบบสอบถามกระบวนการเรียนรู้สองปัจจัย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ 40 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ถดถอย ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับ CTD อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนใหญ่นิยมใช้แนวทางการเรียนรู้แบบลึก และมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลางเช่นกัน โดย CTD และแนวทางการเรียนรู้แบบลึกสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การส่งเสริม CTD และการเรียนรู้แบบลึกจะช่วยให้ครูก่อนประจำการมีศักยภาพในการเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การส่งเสริมแนวโน้มการคิดอย่างมีวิจารณญาณร่วมกับการใช้วิธีการเรียนรู้แบบลึก มีศักยภาพในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มครูคณิตศาสตร์ก่อนประจำการ และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงหลักสูตรการฝึกอบรมครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Seepiwiwil and Seehamongkon (2023, pp. 42-49) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนไตรมิตรพัฒนาศึกษา โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง “Open Approach” ซึ่งเน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ ฝึกฝนการแก้ปัญหาในลักษณะที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 โดยใช้การวิจัยในชั้นเรียน (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรม ผลการวิจัยพบว่า การใช้แนวทางการเรียนรู้แบบเปิดช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถอธิบายวิธีหาปริมาตรรูปทรงเรขาคณิตแบบสามมิติ แสดงเหตุผลสนับสนุนแนวคิดของตน และนำเสนอชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย โดยพบว่า 13 คน (81.25%) แสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 15 คน (93.75%) แสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ดี งานวิจัยนี้ตอกย้ำว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทาง Open Approach

เป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงเหตุผลและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษา

Erawun, et al. (2021, pp. 3215-3222) ได้ศึกษากระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงปรากฏการณ์วิทยา (Phenomenology) โดยใช้แนวทางการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) เพื่อประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นที่การทำความเข้าใจความหมายของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านมุมมองและประสบการณ์ของนักเรียนเป็นสำคัญ แนวทางการเรียนรู้แบบเปิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสร้างปัญหา การแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลหรือกลุ่ม การนำเสนอความคิดในชั้นเรียน และการสรุปความรู้ร่วมกัน ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดอย่างอิสระ โดยครูมีบทบาทในการให้คำแนะนำและเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้จากกันและกัน ผ่านการแลกเปลี่ยนแนวคิดและการนำเสนอผลงาน แม้จะยังไม่สมบูรณ์ งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ควรมุ่งเน้นที่การพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และการเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้ประสบการณ์ของตนในการสร้างความเข้าใจ มากกว่าการให้ความสำคัญเฉพาะเนื้อหาเชิงทฤษฎี ซึ่งสอดคล้องกับหลักปรัชญาการศึกษาที่ให้ความสำคัญกับความหมายส่วนบุคคลของผู้เรียน

Cinar, et al. (2020, pp. 3821-3844) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองการให้คะแนนอัตโนมัติสำหรับคำถามปลายเปิดในวิชาฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งออกแบบมาเฉพาะสำหรับการประมวลผลคำตอบสั้นของนักศึกษาที่ใช้ภาษา Turkish งานวิจัยนี้ศึกษาคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ในรายวิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย การศึกษาดำเนินการกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี 246 คน ผ่านแบบทดสอบคำถามปลายเปิดวิชาฟิสิกส์จำนวน 4 ข้อ โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทด้วยอัลกอริทึมหลายประเภท เช่น SVM, Gini, KNN, Bagging, and Boosting หลังจากการเตรียมข้อมูล พบว่าเทคนิค AdaBoost.M1 ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด ทั้งในด้านความแม่นยำ (Accuracy), ความถูกต้อง (Precision) และค่า F1-score การให้คะแนนคำตอบใช้เทคนิคการจำแนกประเภทด้วยเครื่อง เช่น SVM (Support Vector Machines), Gini, KNN (k-Nearest Neighbors), และเทคนิค Bagging and Boosting ซึ่งผ่านการปรับแต่งข้อมูลก่อนประมวลผล จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองต่าง ๆ พบว่า แบบจำลองที่ใช้เทคนิค AdaBoost.M1 ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดทั้งในด้านความแม่นยำ (Accuracy), ความถูกต้อง (Precision), และค่าคะแนน F1 (F1-Score) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการให้คะแนนคำตอบปลายเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ถือเป็นการศึกษาแรกในระดับนานาชาติที่พัฒนาระบบให้คะแนนคำตอบปลายเปิดโดยใช้ภาษา Turkish และมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาเครื่องมือประเมินผลอัตโนมัติในสาขาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการตอบแบบอธิบาย

Widiartana (2019, pp. 1-7) ได้ดำเนินการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experiment) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แนวทางการสอนแบบปลายเปิด (Open-Ended Approach) ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกลุ่มเครือข่ายที่ 1 อำเภอบูเลอลิง ประเทศอินโดนีเซีย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยอ้างอิงจากตัวชี้วัดของสถาบันพัฒนาคุณภาพครูแห่งโยคยาการ์ตา (P4TK) การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบ Pre-Test และ Post-Test กับกลุ่มควบคุมที่สุ่มตัวอย่าง (Randomized Control Group Design) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปลายเปิด มีพัฒนาการทางด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญหลังการเรียนรู้ แม้ว่าทั้งสองกลุ่มจะมีระดับความสามารถใกล้เคียงกันในช่วงก่อนการเรียนรู้ก็ตาม การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบปลายเปิดสามารถส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีตรรกะของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปจากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) จะเห็นได้ว่างานวิจัยทั้งหมดสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของแนวทางที่หลากหลายในการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ การเรียนรู้แบบเปิด และการส่งเสริมกระบวนการคิดขั้นสูง การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในระดับสังคมและสิ่งแวดล้อม ในขณะที่การส่งเสริม Critical Thinking และการเรียนรู้แบบลึกช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ของครูและนักเรียน นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาเครื่องมือวัดผลด้วย AI และ Machine Learning ที่แม่นยำและแนวทาง Open Approach ที่ส่งผลเชิงบวกต่อการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยเหล่านี้เน้นการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทในการสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทจริงในศตวรรษที่ 21 อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ APOS (APOS mathematical understanding) ดังนี้

Umam, Susandi, Irfan, Bin Awang, Susanti และ Supandi (2024, pp. 10-20) ได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) เพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของนักเรียนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงบริบท โดยมุ่งเน้นที่การดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นบริบทที่ต้องการความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Creative Thinking) งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพแบบอธิบายและสำรวจ โดยศึกษานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการคัดเลือกโดยครูจากความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่โดดเด่น การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบและการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่ง

เกี่ยวข้องกับการขาดทักษะใน 4 ด้าน ได้แก่ การตีความ การเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ความผิดพลาดทางกระบวนการ และการแสดงออกเชิงสัญลักษณ์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด APOS สามารถระบุจุดอ่อนในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ และให้แนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นกุญแจสำคัญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงอย่างมีประสิทธิภาพ

Mukavhi, Brijlall and Abraham (2021, pp. 865-878) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดทางทฤษฎีใหม่ที่ต่อยอดจากทฤษฎี APOS เดิม โดยผสานเข้ากับแนวคิดเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ เรียกว่า APOS Theory–Technoscience Framework ซึ่งมีเป้าหมายเพื่ออธิบายกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างลึกซึ้งและมีมิติทางปรัชญาการศึกษาแบบร่วมสมัยมากยิ่งขึ้น การวิจัยนี้ดำเนินการในรูปแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental) กับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยในประเทศซิมบับเว โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็นสองกลุ่มที่เรียนวิชาแคลคูลัสผ่านการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน งานวิจัยเน้นการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีและวัตถุทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับกระบวนการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ของทฤษฎี APOS ผลการวิจัยเสนอว่า การใช้กรอบแนวคิด APOS-T สามารถทำหน้าที่เป็นรูปแบบการสอนใหม่ในระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์ได้ทั้งในแง่โครงสร้างทางปัญญา (cognitive) และระบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับยุคดิจิทัลในปัจจุบัน กรอบแนวคิด APOS-T จึงถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ตอบโจทย์ยุคเทคโนโลยี และสามารถปรับใช้ได้ทั้งในชั้นเรียนแบบพบหน้าและการเรียนการสอนแบบออนไลน์

Daud, Adnan, Nor Abd Aziz and Embong (2019, pp. 1529-1543) ศึกษาการรับรู้ของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้ทฤษฎี APO มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติดังกล่าวกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ข้อมูลถูกรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเมืองกวนตัน ประเทศมาเลเซีย จำนวน 200 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทัศนคติของนักเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับ UPSR อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทัศนคติต่อคณิตศาสตร์กับคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ล่าสุดของนักเรียน ผู้วิจัยเสนอแนะว่า ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติที่หลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ การศึกษาได้สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้

คณิตศาสตร์ รวมถึงแนวทางการใช้ทฤษฎี APOS ในการเข้าใจและพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับนักเรียนมากขึ้น

Arnawa, Yanita, Ginting, Yerizon and Nita (2020, pp. 1503-1515) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาทัศนคติเชิงบวกของนักศึกษาต่อวิชาพีชคณิตนามธรรม (Abstract Algebra) โดยใช้แนวทางของทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) ซึ่งเป็นแนวทางที่เน้นพัฒนากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบและมีลำดับขั้นตอน การศึกษานี้อยู่ในรูปแบบของงานวิจัยกึ่งทดลอง (Pre-Experimental Design) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ซึ่งลงทะเบียนเรียนในรายวิชาพีชคณิตนามธรรมที่มหาวิทยาลัย Andalas ในปีการศึกษา 2018/2019 ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเพื่อวัดทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อวิชาและกระบวนการเรียนรู้พีชคณิตนามธรรม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่า (1) การใช้แนวทางของทฤษฎี APOS สามารถส่งเสริมให้นักศึกษามีทัศนคติเชิงบวกต่อวิชาพีชคณิตนามธรรมมากขึ้น (2) ไม่พบความแตกต่างของทัศนคติต่อวิชาระหว่างเพศ (3) พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทัศนคติต่อวิชาพีชคณิตนามธรรมกับกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษา งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของทฤษฎี APOS ในการส่งเสริมทัศนคติและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ขั้นสูงที่ผู้เรียนมักมีความวิตกกังวลหรือทัศนคติไม่ดี

Herawaty, Widada, Handayani, Berindo, Febrianti and Anggoro (2020, pp. 1470-1482) ได้ทำการศึกษาข้อผิดพลาดของนักเรียนในการทำความเข้าใจคุณสมบัติของเซตปิดโดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) ซึ่งเน้นวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียนผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกระทำทางคณิตศาสตร์ กระบวนการ แนวคิดวัตถุ และโครงสร้างเชิงแบบแผนการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยพัฒนา โดยอยู่ในขั้นตอนการประเมินความต้องการเพื่อกำหนดรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคือ นักศึกษาวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 15 คน ที่มหาวิทยาลัยบังกูลู (University of Bengkulu) ซึ่งได้รับการคัดเลือกจากการทำแบบฝึกหัดในรายวิชา Real Analysis ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้เทคนิคการเปรียบเทียบแบบคงที่ (fixed comparison technique) พบว่า นักศึกษามีปัญหาในการประสานแนวคิดระหว่าง “เซตเปิด” และ “เซตปิด” โดยเฉพาะในเรื่องของการพิสูจน์ทฤษฎีบทเซต เช่น ข้อความว่า “F เป็นเซตปิด ถ้าและเฉพาะถ้า F ประกอบด้วยจุดสะสมทั้งหมดของ F” นอกจากนี้ ยังพบว่า นักศึกษาสามารถแสดงการกระทำทางคณิตศาสตร์ได้ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนผ่านสู่ขั้นตอนกระบวนการ และไม่สามารถสรุปความเข้าใจในรูปแบบโครงสร้างเชิงแบบแผนได้ ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นถึงอุปสรรคในกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับสูง โดยเฉพาะในประเด็นที่ซับซ้อนอย่างทฤษฎีเซต ซึ่งทฤษฎี

APOS สามารถช่วยในการวิเคราะห์จุดอ่อนของผู้เรียนและนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Wulandari, Hidayanto, Subanji and Rahardi (2019, pp. 1227-1241) ได้ศึกษารูปแบบการแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีภาวะสมองพิการ (Cerebral Palsy) ในการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับเรขาคณิตสองมิติ โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นการพัฒนาโครงสร้างทางความคิดของผู้เรียนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ทางจิตของแต่ละบุคคล ผลการวิจัย พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างแสดงรูปแบบการแทนทางคณิตศาสตร์ได้ 3 ประเภท ได้แก่ การแทนด้วยคำพูด การแทนด้วยนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ และการแทนด้วยภาพ โดยพบว่าการจำแนกระดับของการคิดทางจิตใจของนักเรียนสามารถจำแนกได้ตามขั้นตอนของทฤษฎี APOS ได้แก่ ขั้นการกระทำ ขั้นกระบวนการ ขั้นวัตถุ และขั้นแบบแผน ในกรณีของการแทนนิพจน์ทางคณิตศาสตร์และการแทนด้วยภาพนั้น นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดทางจิตถึงขั้นกระบวนการและวัตถุได้ ส่วนในขั้นแบบแผนนั้น นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางเรขาคณิตกับความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง เช่น การคูณของด้านในรูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาการแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษสามารถประเมินได้ผ่านกรอบแนวคิด APOS ซึ่งมีความยืดหยุ่นและครอบคลุมต่อกระบวนการคิดของผู้เรียนที่มีความหลากหลายทางกายภาพและจิตใจ

Juan D. Godino (2019, pp. 417-432) ศึกษา แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ความหมายและความเข้าใจ วัตถุประสงค์สำหรับการพัฒนาทฤษฎีความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์และเสนอทฤษฎีที่ครอบคลุมยิ่งขึ้นสำหรับการทำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในการต่อยอดจากทฤษฎีที่มีอยู่เดิมเกี่ยวกับวัตถุทางคณิตศาสตร์และความหมายทางคณิตศาสตร์ โดย Godino and Batanero (1994, 1996) พร้อมการหาข้อโต้แย้งว่ามุมมองทางจิตวิทยาที่มีอยู่เกี่ยวกับความเข้าใจ (เน้นที่กระบวนการทางจิตภายใน) จำเป็นต้องได้รับการเติมเต็มด้วยมุมมองทางสังคมวัฒนธรรม มุมมองทางสังคมวัฒนธรรมเน้นที่ความเข้าใจส่วนบุคคลสัมพันธ์กับความหมายทางคณิตศาสตร์ที่ยอมรับกันทั่วไปภายในสาขานั้นๆ ซึ่งบทความเน้นย้ำถึงความสำคัญของ “ปัญหาสถานการณ์” (บริบทเฉพาะที่นำแนวคิดไปใช้) และ "เครื่องมือสัญลักษณ์" (เครื่องมือและสัญลักษณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์ เช่น แผนภาพหรือสมการ) ในทั้งมิติส่วนบุคคลและมิติสถาบันของกระบวนการทำความเข้าใจ สรุปได้ว่าการเข้าใจคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่เรื่องของกระบวนการภายในสมองเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับวิธีที่ความเข้าใจส่วนบุคคลเชื่อมโยงกับวิธีการที่นักคณิตศาสตร์ใช้และแสดงแนวคิดเหล่านั้น วิธีการผสมผสานนี้พิจารณาถึงทั้งกระบวนการทางจิตของบุคคลและบริบททางสังคมที่กว้างขึ้นของคณิตศาสตร์

สรุปจากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ APOS (APOS mathematical understanding) จะเห็นได้ว่าศักยภาพของทฤษฎี APOS ในการวิเคราะห์พฤติกรรม

การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กรอบการคิดเป็นลำดับขั้นจากการกระทำสู่โครงสร้าง ทั้งในแง่การแก้ปัญหา ความเข้าใจเนื้อหา ทัศนคติ และการแทนความรู้ทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยเหล่านี้ครอบคลุมหลากหลายกลุ่มเป้าหมาย ทั้งนักเรียนระดับประถม มัธยม นักศึกษามหาวิทยาลัย และนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ ซึ่งล้วนแสดงให้เห็นถึงจุดอ่อนที่สามารถวิเคราะห์และพัฒนาได้จากกรอบ APOS อีกทั้งยังมีการต่อยอดเป็นกรอบ APOS-T ที่ผสานเทคโนโลยีและบริบทยุคใหม่ เพื่อยกระดับกระบวนการคิดในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และช่วยออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ตอบโจทย์ผู้เรียนยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม

2.13 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

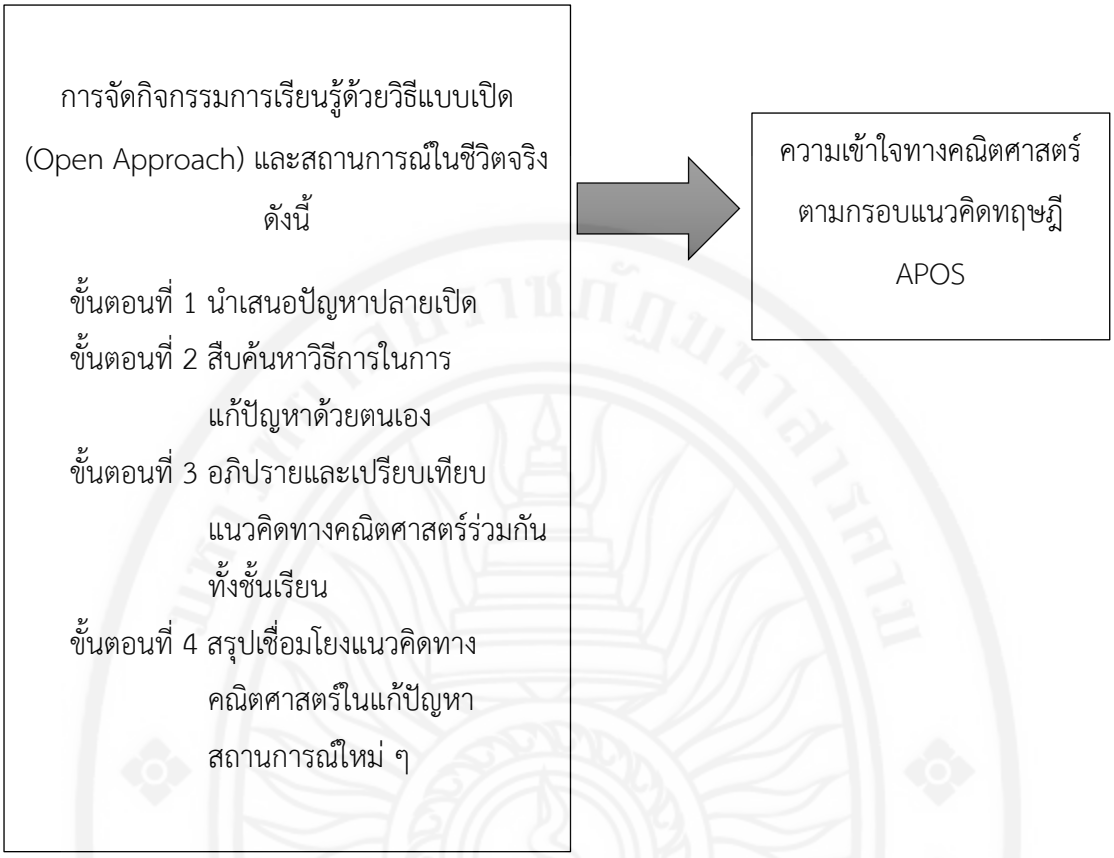
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) และสถานการณ์ในชีวิตจริง และผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ของ Becker and Shimada (1997), Nohda (2000), Inprasitha (2010), ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2554) ยุพาพักตร์ สะเดา(2555) วนัชญา เชิงดี (2555) ได้ตามกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด

ขั้นตอนที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ



ภาพที่ 2.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่องการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกประชากร และกลุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ประชากร

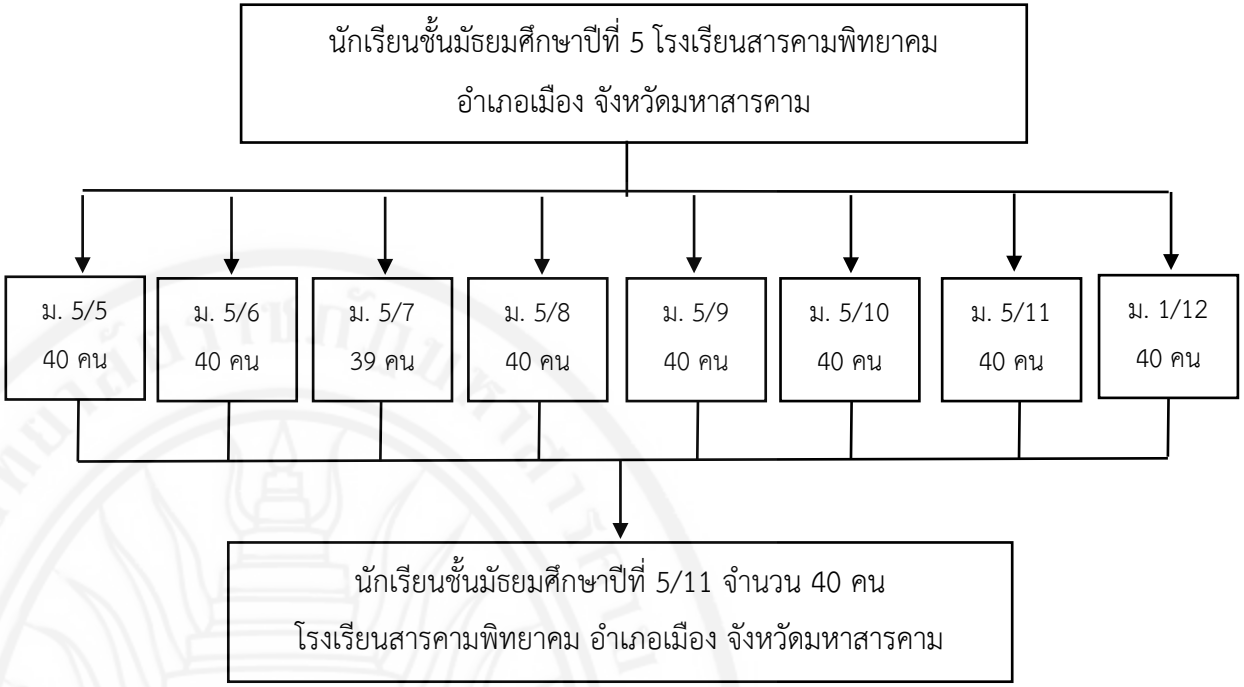
ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนปกติ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 8 ห้องเรียน มีนักเรียนรวมทั้งหมด 319 คน ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 39 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/9 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จำนวน 40 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/12 จำนวน 40 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน เพื่อศึกษาการพัฒนาระดับรความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) มีขั้นตอนในการสุ่ม ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยใช้หน่วยการสุ่มตัวอย่าง คือ ห้องเรียน ที่มีลักษณะห้องเรียนคล้ายคลึงกัน

ขั้นที่ 2 ผู้วิจัยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ในการสุ่มห้องเรียนได้จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จำนวน 40 คน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นการวิจัยเพื่อค้นหาความรู้ความจริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรในเชิงเหตุและผลที่ชัดเจน และสมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยมีการจัดกระทำกับตัวแปรต้นและควบคุมตัวแปรอื่น ๆ เพื่อให้ผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามเป็นผลมาจากตัวแปรต้นอย่างแท้จริง ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลัง (One Group Posttest Design) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 143) มีแบบการวิจัยดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)

การสุ่ม	กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
-	E	-	X	O1

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experiment Group)

X หมายถึง มีการให้สิ่งทดลอง (Treat)

O1 หมายถึง มีการทดสอบหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการวิจัยซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมทั้งสิ้น 10 คาบ คาบละ 60 นาที ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

แผนที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1	หลักการบวก	1
2	หลักการคูณ	1
3	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด (1)	1
4	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด (2)	1
5	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด	1
6	การจัดหมู่ (1)	1
7	การจัดหมู่ (2)	1
8	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม (1)	1
9	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม (2)	1
10	ทฤษฎีบททวินาม	1

3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง ประกอบด้วย

ตารางที่ 3.3 จำนวนแบบทดสอบอัตนัยวัดระความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

ที่	เนื้อหา	สร้างจริง (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
1	หลักการบวก	3	1
2	หลักการคูณ	3	1
3	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	5	2
4	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด	4	1
5	การจัดหมู่	6	2
6	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม	6	2
7	ทฤษฎีบททวินาม	3	1
รวม		30	10

3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง จำนวน 40 ชุด ชุดละ 23 ข้อ

3.4 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือวิจัย รายละเอียดดังนี้

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.4.1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการการกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงจากหนังสือ ตำรา เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างแนวทางการจัดการเรียนการสอน

3.4.1.3 สังเคราะห์ขั้นตอนการกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

3.4.1.4 ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) และตำราอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.5 สร้างแผนการกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาแผนละ 60 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

แผนที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1	หลักการบวก	1
2	หลักการคูณ	1
3	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด (1)	1
4	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด (2)	1
5	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด	1
6	การจัดหมู่ (1)	1
7	การจัดหมู่ (2)	1
8	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม (1)	1
9	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม (2)	1
10	ทฤษฎีบททวินาม	1
รวม		10

จากตารางที่ 3.4 พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น มีเนื้อหาดังนี้ หลักการบวก หลักการคูณ การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด การจัดหมู่ การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม ทฤษฎีบททวินาม มีจำนวนชั่วโมงทั้งหมด 10 ชั่วโมง

3.4.1.6 สร้างใบกิจกรรม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ชุด และแบบฝึกทักษะความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ชุด

3.4.1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะ ของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.1.8 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรชา นันจรัส ตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ ตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

3) คุณครูทรงรัตน์ ภารสถิติย์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

4) คุณครูสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

5) คุณครูศุภวรรณ คัยนันท์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

เพื่อประเมินความคิดเห็น ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมในด้านหลักสูตรและการสอน วิจัยและเครื่องมือ คณิตศาสตร์และเนื้อหา การวัดและการประเมินผล และนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
1) ให้ผู้วิจัยตรวจสอบเครื่องมือการวัดและประเมินผลให้ครบถ้วนตามจุดประสงค์ครบทุกข้อ	1) ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเครื่องมือการวัดและประเมินผลครบถ้วนตามจุดประสงค์ครบทุกข้อ
2) ผู้วิจัยต้องจัดกิจกรรมตามแผนการเรียนรู้ให้ครบทุกกิจกรรม และใช้เวลาไม่เกินชั่วโมงเรียนที่กำหนด รวมถึงจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน	2) ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมตามแผนการเรียนรู้ครบทุกกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการสอนใช้เวลาไม่เกินชั่วโมงเรียนที่กำหนด และจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

(ต่อ)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปัญหาปลายเปิด -นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน และครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดโดยการหยิบยกสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การดำรงชีวิตประจำวันเราอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในแต่ละวัน การกินอาหารแต่ละมื้ออาจแตกต่างกัน อาทิ อาหารตามสั่ง ก๊วยเตี๋ยว เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคำว่า กรณี ขั้นตอน และวิธีการ เพื่อนำไปสู่เนื้อหาของหลักการบวก -นักเรียนคิดว่าการเข้าไปในร้านอาหารมีวิธีการอย่างไรบ้างในการจะสั่งอาหารตามสั่ง หรือสั่งก๊วยเตี๋ยว เพื่อจะทำให้เราได้รับประทานอาหารในมื้อนั้น -ให้นักเรียนแสดงสถานการณ์ที่เป็นไปได้ จากการสั่งอาหารตามสั่ง หรือ ก๊วยเตี๋ยว อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือสถานการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวัน (ภาคผนวก ก)	ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปัญหาปลายเปิด 1) นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ เก่ง-ปานกลาง-อ่อน กลุ่มละ 4-5 คน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา 2) ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ การดำรงชีวิตประจำวันเราอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในแต่ละวัน การกินอาหารแต่ละมื้ออาจแตกต่างกัน อาทิ อาหารตามสั่ง ก๊วยเตี๋ยว 3) ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัญหา เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคำว่า กรณี ขั้นตอน และวิธีการ เพื่อนำไปสู่เนื้อหาของหลักการบวก 4) นักเรียนแสดงแนวคิดในเข้าไปในร้านอาหารจะมีวิธีการอย่างไรบ้างในการจะสั่งอาหารตามสั่ง หรือสั่งก๋วยเตี๋ยว เพื่อจะทำให้เราได้รับประทานอาหารในมื้อนั้น (ภาคผนวก ก)
ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง - ครูอธิบายความหมายของ คำว่า กรณี ขั้นตอน วิธีการ โดยเอาสถานการณ่จากขั้นที่ 1 - กรณี คือ ทางเลือกที่แตกต่างกันแต่ว่าทางเลือกนั้นจะจบลงในตัว เช่น เราจะเลือกที่จะรับประทานอาหารตามสั่ง หรือก๊วยเตี๋ยว แต่ไม่ว่าเราจะเลือกอะไรเราก็ได้รับประทานอาหารนั้น ๆ	ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง 1) นักเรียนทำความเข้าใจกับคำว่า กรณี ขั้นตอน และวิธีการ โดยมีครูอธิบายยกตัวอย่างเอาสถานการณ์จากขั้นที่ 1 ดังนี้ - กรณี คือ ทางเลือกที่แตกต่างกันแต่ว่าทางเลือกนั้นจะจบลงในตัว เช่น เราจะเลือกที่จะรับประทานอาหารตามสั่ง หรือก๋วยเตี๋ยว แต่ไม่ว่าเราจะเลือกอะไรเราก็ได้รับประทานอาหารนั้น ๆ

(ต่อ)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
- ขั้นตอน คือ สิ่งที่ต้องทำเพื่อให้เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นจบลง เช่น การที่เราเลือกรับประทานก๋วยเตี๋ยว เรามีขั้นตอนในการสั่งและเลือก เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้น ได้แก่ เส้นเล็ก เส้นหมี่ เส้นใหญ่ เป็นต้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุป ได้แก่ น้ำตก น้ำใส น้ำต้มยำ เป็นต้น ขั้นตอนที่3 เลือกเครื่อง ได้แก่ ลูกชิ้น หมู เนื้อเปื่อย เป็นต้น - วิธีการ คือ ทางเลือกที่เกิดขึ้นได้ในขั้นตอนนั้น ๆ เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้นได้ 3 เส้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุปได้ 3 รสชาติ ขั้นตอนที่ 3 เลือกเครื่องได้ 3 อย่าง	- ขั้นตอน คือ สิ่งที่ต้องทำเพื่อให้เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นจบลง เช่น การที่เราเลือกรับประทานก๋วยเตี๋ยว เรามีขั้นตอนในการสั่งและเลือก เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้น ได้แก่ เส้นเล็ก เส้นหมี่ เส้นใหญ่ เป็นต้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุป ได้แก่ น้ำตก น้ำใส น้ำต้มยำ เป็นต้น ขั้นตอนที่3 เลือกเครื่อง ได้แก่ ลูกชิ้น หมู เนื้อเปื่อย เป็นต้น - วิธีการ คือ ทางเลือกที่เกิดขึ้นได้ในขั้นตอนนั้น ๆ เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้นได้ 3 เส้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุปได้ 3 รสชาติ ขั้นตอนที่ 3 เลือกเครื่องได้ 3 อย่าง
-นักเรียนศึกษาหลักการนับจำนวนสิ่งของเหตุการณ์ หรือวิธีการทำงานเช่นนี้ เรียกว่าหลักการบวก (Addition Principle) ดังนี้ (ภาคผนวก ก)	2) นักเรียนศึกษาหลักการนับจำนวนสิ่งของเหตุการณ์ หรือวิธีการทำงานเช่นนี้ เรียกว่าหลักการบวก (Addition Principle) จากอินเตอร์เน็ต หนังสือ และอื่น ๆ (ภาคผนวก ก)
ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน -นักเรียนนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนร่วมกันหยิบยกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน กลุ่มละ 1 เหตุการณ์ เช่น การเดินทางมาโรงเรียนมีกี่กรณีวิธีการในการที่เราจะเดินทางจากบ้านถึงโรงเรียน แลกเปลี่ยนแนวคิด (Share) ภายในกลุ่ม จากนั้นนำกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา และนักเรียนในชั้นเรียนอธิบายเกี่ยวกับหลักการบวกข้างต้น เช่น หลักการบวกสามารถนำไปใช้นับจำนวนวิธีการ	ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน 1) นักเรียนนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันยกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมา กลุ่มละ 1 เหตุการณ์ แลกเปลี่ยนแนวคิด (Share) กับเพื่อนทั้งชั้นเรียนจากการนำเสนอ จากนั้นนำกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา 2) นักเรียนในชั้นเรียนสรุป อภิปรายและเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับหลักการบวกข้างต้น เช่น หลักการบวกสามารถนำไปใช้นับจำนวน

(ต่อ)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
ทำงาน จำนวนสิ่งของ หรือจำนวนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ โดยแบ่งสิ่งที่ต้องการนับออกเป็นกรณีย่อย ๆ และแต่ละกรณีทำให้งานหรือเหตุการณ์เสร็จสมบูรณ์	วิธีการทำงาน จำนวนสิ่งของ หรือจำนวนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ โดยแบ่งสิ่งที่ต้องการนับออกเป็นกรณีย่อย ๆ และแต่ละกรณีทำให้งานหรือเหตุการณ์เสร็จสมบูรณ์
ขั้นตอนที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ -นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำแนวคิดที่เข้าใจมาแลกเปลี่ยนภายในกลุ่ม จากนั้นทำใบกิจกรรมที่ 1 แสดงหาจำนวนวิธีจากสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ในใบกิจกรรมข้างต้น	ขั้นตอนที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำแนวคิดที่เข้าใจมาแลกเปลี่ยนภายในกลุ่ม จากนั้นทำใบกิจกรรมที่ 1 แสดงหาจำนวนวิธีจากสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ในใบกิจกรรมพร้อมนำเสนอ

3.4.1.9 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2541, น. 95-100) เป็นแบบประเมินมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดระดับคะแนนความเหมาะสม และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็น 5 ระดับ มีลักษณะการประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) มีเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
คะแนน 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก
คะแนน 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
คะแนน 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย
คะแนน 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 10 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80

ทั้งหมด 10 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 หมายความว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

3.4.1.10 นำแผนการกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่ได้รับการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้สามารถใช้กับนักเรียนได้จริง

3.4.1.11 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพแล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักหารนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย มีขั้นตอน ดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย

3.4.2.2 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัยเพื่อวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และเกณฑ์การให้คะแนน

3.4.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น และครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ปรากฏดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 จำนวนแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

ที่	เนื้อหา	สร้างจริง (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
1	หลักการบวก	2	1
2	หลักการคูณ	2	1
3	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	4	2
4	การเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด	2	1
5	การจัดหมู่	4	2
6	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม	4	2
7	ทฤษฎีบททวินาม	2	1
รวม		20	10

3.4.2.5 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัยกับเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมงานวิจัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในข้อคำถามต่างๆความชัดเจนด้านภาษาและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.2.6 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง และความครอบคลุมของเนื้อหาของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ ของการวิจัยหรือนิยามศัพท์

3.4.2.7 นำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ที่ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความคิดเห็น ที่มีต่อแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา สถิติการวัด และการประเมินผล แล้วคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
1. ขอให้ดำเนินการพิจารณาสถานการณ์ให้ชัด เช่น ครอบคลุม และทบทวนคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้ง	ผู้วิจัยได้ดำเนินการพิจารณาสถานการณ์ให้ชัดเจน
2. ขอให้ตรวจสอบความหมายของหัวข้อต่าง ๆ อีกครั้ง และจัดทำคำอธิบายใหม่	ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความหมายของหัวข้อต่าง ๆ ให้ถูกต้อง และจัดทำคำอธิบายใหม่
3. อาจพิจารณาตัดคำถามบางส่วนออกในส่วนที่เห็นสมควร	ผู้วิจัยได้ตัดคำถามบางส่วนออกให้มีความเหมาะสม
1. สุธีย์ราจะเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา เดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการนับแบบใดใน สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A)	1. สุธีย์ราต้องการเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการอะไรและ สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A) ตอนที่1
1. จงแสดงวหาว่าจะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งในจำนวนนี้มีฝาแฝดเพียงคู่เดียวรวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงวิธีคิด พร้อมวาดภาพประกอบ (APO) ตอนที่2	1. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งใน 6 คนนี้มีฝาแฝดหนึ่งคู่รวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงแนวคิดพร้อมวาดภาพประกอบ (APO) ตอนที่2

3.4.2.8 ผู้วิจัยนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า IOC ใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) โดยเลือกข้อสอบที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5–1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง มีคะแนนเป็น +1
ไม่แน่ใจ มีคะแนนเป็น 0
ไม่สอดคล้อง มีคะแนนเป็น -1

นำผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5–1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ จากจำนวน 10 ข้อคำถาม ปรากฏว่าได้ข้อสอบมีค่า IOC ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป สรุปได้ว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

3.4.2.9 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบเวลา และจำนวนของข้อสอบ ผลการประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ พบว่า แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบนักเรียน เพราะมีความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา เวลา และจำนวนของข้อสอบ เนื่องจากเมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ในแบบทดสอบ นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่ใช้ แล้วนำผลการ (Try-Out) มาวิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก (D) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303)

ค่าอำนาจจำแนก (D)	ระดับความเหมาะสม
0.60 – 1.00	ดีมาก
0.40 – 0.59	ดี
0.20 – 0.39	พอใช้
0.10 – 0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00 – 0.09	ควรปรับปรุง

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากง่าย (P) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303)

ค่าความยากง่าย (P)	ระดับความเหมาะสม
0.80 – 1.00	ง่ายมาก
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย
0.40 – 0.59	ปานกลาง
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	ยากมาก

3.4.2.10 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

แบบอัตนัย อยู่ในช่วง 0.20 – 0.49 และค่าอำนาจจำแนกจากการวิเคราะห์วิทนีย์และซาเบอร์สของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย อยู่ในช่วง 0.36-0.60 แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ถึง 1.00 จำนวน 10 ข้อ

3.4.2.11 นำผลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย ที่ได้มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70 – 1.00 จะถือว่าแบบทดสอบใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ ปรากฏว่าแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.776

3.4.2.12 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
ระดับ 5 (ดีเยี่ยม)	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และสามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	16-20
ระดับ 4 (ดีมาก)	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง	-	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง	11-15

(ต่อ)

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ แต่ไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้		มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันสามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นแต่ไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 3 (ดี)	สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลาย ๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลาย ๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน	6-10

(ต่อ)

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		แต่ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น หรือไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 2 (พอใช้)	สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้บางส่วน	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถ	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น หรือไม่สามารถ	1-5

(ต่อ)

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ระดับ	Action (A)	Process (P)	Object (O)	Schema (S)	คะแนน (20)
		สร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้		นำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	
ระดับ 1 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถนำความรู้มาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขและคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน	ไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง ไม่สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องคาดการณ์ผลของการดำเนินการ และไม่สามารถสร้างกระบวนการใหม่ของการดำเนินการได้	ไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลาย ๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงการรู้	ไม่สามารถเข้าใจเชื่อมโยงแนวคิด ใช้แก้ปัญหาซับซ้อนได้เลยไม่มีความรู้ในทฤษฎี บทนิยาม แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ไม่มีความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ไม่สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้	0

154

3.4.3 แบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

การสร้างแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามขั้นตอนดังนี้

3.4.3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการ และแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากหนังสือ วารสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และศึกษาการสร้างความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากหนังสือการวัดด้านจิตพิสัย (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2553, น. 90-98)

3.4.3.2 ผู้วิจัยสร้างแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ตามวิธีของ Likert (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น. 160–162) เป็นแบบประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 23 ข้อ ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้ 5 คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้ 4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้ 3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้ 2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้ 1 คะแนน

โดยใช้เกณฑ์แบบอิงกลุ่มการแปลความหมาย แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของลิเคอร์ท (Likert) โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
4.51-5.00	มีความพึงพอใจ ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีความพึงพอใจ ในระดับมาก
2.51-3.50	มีความพึงพอใจ ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีความพึงพอใจ ในระดับน้อย
1.00-1.50	มีความพึงพอใจ ในระดับน้อยที่สุด

3.4.3.3 นำแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่สร้างขึ้นเสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.4.3.4 นำแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่ปรับแก้ตามที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ

ชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษา และความครอบคลุมของข้อความ ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมีดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
1) ปรับภาษาที่ใช้ในการเขียนในแต่ละข้อคำถาม ให้มีความถูกต้องชัดเจน กระชับ และครอบคลุม และปรับภาษาให้เข้าใจง่ายมากขึ้น	1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนในแต่ละข้อคำถาม ให้มีความถูกต้องชัดเจน กระชับ และครอบคลุม และปรับภาษาให้เข้าใจง่าย
2) ปรับข้อคำถามให้ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องการ	2) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างคำถามให้ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องการ
การจัดการเรียนรู้	
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่ม	1. นักเรียนนักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ
2. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นการระบุปัญหา	2. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด
3. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	3. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง
4. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นการทดสอบและประเมินผล	4. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน
5. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นการนำเสนอผลลัพธ์	5. นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ
6. นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้	6. นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

(ต่อ)

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้
8. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องมีความพร้อมและตื่นตัวอยู่เสมอ	8. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องมีความพร้อมและกระตือรือร้นอยู่เสมอ
9. สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน	9. สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน
10. นักเรียนเลือกใช้ข้อมูลที่ค้นคว้าหาข้อมูลผ่านทางเทคโนโลยีจากกลุ่มการทำงานของนักเรียน	10. นักเรียนเลือกใช้ข้อมูลที่ค้นคว้าหาข้อมูลผ่านกระบวนการอภิปรายแนวคิดกับเพื่อน ๆ และทางเทคโนโลยีในการทำกิจกรรมได้ดี
11. นักเรียนชอบที่ได้ศึกษาจากนอกหนังสือเรียน	11. นักเรียนชอบที่ได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหานอกหนังสือเรียน
12. เวลาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	12. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในด้านเวลา
ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	
13. นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง	13. นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดีและทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
14. นักเรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตัวเอง	14. นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง
15. นักเรียนชอบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาของตนเอง	15. นักเรียนชอบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมแนวคิดกับการคิดแก้ปัญหาของตนเอง
16. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าแสดงออก	16. การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้น

(ต่อ)

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข	สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว
17. นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในระหว่างการเรียน	17. นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
18. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	18. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
19. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในหลากหลายวิชา	19. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย
20. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย	20. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายเพิ่มมากขึ้น
21. ทำให้นักเรียนมีวินัยและใฝ่เรียนรู้ในการทำงานจนสำเร็จ	21. ทำให้นักเรียนมีวินัยและใฝ่เรียนรู้ในการทำงานจนสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ
22. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนรู้สึกมีความสุขกับการเรียน	22. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนรู้สึกมีความสุขและไม่มีความกังวลกับการเรียน
23. นักเรียนเกิดความรักความสามัคคีภายในกลุ่ม	23. นักเรียนเกิดความรักความสามัคคีภายในกลุ่มจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

3.4.3.5 ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามศัพท์เฉพาะ แล้วนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า IOC โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น +1

ไม่แน่ใจ จะมีคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น -1

3.4.3.6 นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า IOC โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เป็นแบบสอบถามที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ ปรากฏว่าแบบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนที่วิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน พบว่าข้อคำถามทั้ง 23 ข้อ มีค่า IOC ระหว่าง 0.80–1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.6 หมายความว่าแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงนำไปใช้ได้

3.4.3.7 นำแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนที่ผ่านการหาประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ โดยหาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย ระหว่างคะแนนรายข้อ กับคะแนนรวม (Item Total Correlation) ด้วยสูตร Pearson Product Moment Correlation Coefficient จำนวนทั้งหมด 23 ข้อ

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมาย ของค่าอำนาจจำแนก (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 298) ดังนี้

ระดับค่าอำนาจจำแนก	ระดับความเหมาะสม
0.60-1.00	ระดับดีมาก
0.40-0.59	ระดับดี
0.20-0.39	ระดับพอใช้
0.10-0.19	ระดับค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00-0.09	ระดับค่อนต่ำมาก ต้องปรับปรุง

3.4.3.8 นำแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ โดยวิธีคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) โดยใช้สูตรของ Cronbach ได้ค่าจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70 ขึ้นไปจึงจะถือว่า แบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธี

แบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีค่าระหว่าง 0.25–0.56 ซึ่งแบบสอบถามทั้ง 23 ข้ออยู่ในช่วง 0.20–1.00 นั่นคือ แบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบสอบถามจำนวน 23 ข้อ มากำหนดเป็นแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงนี้เท่ากับ 0.867

3.4.3.9 นำแบบวัดความพึงพอใจ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้ว จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีวิธีการดังนี้

3.5.1 ขอหนังสือจากคณะครุศาสตร์ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและกำหนดวันเวลาในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.2 ดำเนินการส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์ให้กับผู้บริหาร โรงเรียนสารคามพิทยาคม และทำบันทึกข้อความชี้แจงถึงวัตถุประสงค์และแจ้งความประสงค์ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

3.5.3 ติดต่อประสานงานกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และครูประจำชั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย บทบาทหน้าที่ของกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย กำหนดวันเวลาที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.4 อธิบายโครงการวิจัยให้กับนักเรียน โดยให้นักเรียนทราบถึงรายละเอียดของโครงการวิจัย บทบาทของนักเรียน ประโยชน์ของงานวิจัย และประโยชน์ของนักเรียนที่จะได้รับ เมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.5.5 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาทั้งสิ้น 10 คาบ (คาบละ 60 นาที)

3.5.6 หลังสิ้นสุดการสอน ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

3.5.7 ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ตามเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้น จากตารางที่ 3.8 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อประเมินผลการวิจัย

3.5.8 ดำเนินการตรวจสอบคะแนนแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อประเมินผลการวิจัย ซึ่งในการตรวจให้คะแนนแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ปรากฏดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การประเมินผล แบบสอบถามความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
5	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้น มากที่สุด
4	เห็นด้วย	นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้น มาก
3	ไม่แน่ใจ	นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ปานกลาง
2	ไม่เห็นด้วย	นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้น น้อย
1	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้น น้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายของความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง คือ

ระดับคะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
4.51-5.00	มีความพึงพอใจ ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีความพึงพอใจ ในระดับมาก
2.51-3.50	มีความพึงพอใจ ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีความพึงพอใจ ในระดับน้อย
1.00-1.50	มีความพึงพอใจ ในระดับน้อยที่สุด

3.5.9 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และแบ่งกลุ่มตามคะแนนระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนออกเป็น ระดับ APOS ระดับ APO ระดับ AP และระดับ A โดยใช้เกณฑ์ในการแปลผลแบบทดสอบในรูปของคะแนนดิบ ปรากฏดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 เกณฑ์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

คะแนนดิบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS
16 – 20	APOS
11 – 15	APO
6 – 10	AP
1 – 5	A

จากตารางที่ 3.11 พบว่า เกณฑ์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำแนกได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่ม APOS มีคะแนนระหว่าง 16–20 คะแนน 2) กลุ่ม APO มีคะแนนระหว่าง 11–15 คะแนน 3) กลุ่ม AP มีคะแนนระหว่าง 6–10 คะแนน 4) และกลุ่ม A มีคะแนนระหว่าง 1–5 คะแนน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำใบกิจกรรม และแบบฝึกหัด ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) และหาร้อยละ

ของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_2)

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2. ศึกษาพัฒนาการระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOSโดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) การสอบ 2 ครั้งที่มีคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Pike, 1991) ดังสมการ $DS = Y_2 - Y_1$ เมื่อ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน และ Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3. เปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ t-test กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample t-test)

3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.7.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

3.7.1.1 ร้อยละ (Percentage: %) โดยคำนวณจากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 321) ดังนี้

$$\text{ร้อยละ } (\%) = \frac{f}{n} \times 100 \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ f เป็นความถี่ของรายการที่สนใจ

n เป็นจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

3.7.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{x}$) โดยคำนวณจากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 323) ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i เป็นคะแนนของคนที่ i

n เป็นจำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 325) ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \quad (3\text{-}3)$$

เมื่อ $S.D.$ เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i เป็นคะแนนของคนที่ i

n เป็นจำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.7.2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence : IOC) โดยคำนวณจากสูตร (ไพศาล วรคำ. 2565, น. 269) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ IOC เป็นดัชนีความสอดคล้อง

R เป็นคะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละหัวข้อ

n เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

3.7.2.2 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง และแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคแบบอิงกลุ่ม (Cronbach's Alpha Coefficient Method) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 288) ดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \tag{3-5}$$

เมื่อ α เป็นสัมประสิทธิ์แอลฟา

k เป็นจำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ

S_i^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนรวม t

3.7.2.3 การหาค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง และแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์แบบอิงกลุ่ม (Whitney & Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 308) ดังนี้

$$D = \frac{S_H - S_L}{n\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \tag{3-6}$$

เมื่อ D เป็นค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H เป็นผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง

S_L เป็นผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ

n เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.7.2.4 การค่าความยาก (item difficulty) ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง และแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์แบบอิงกลุ่ม (Whitney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 299) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - \left(2nx_{\min}\right)}{2n\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \tag{3-7}$$

เมื่อ p เป็นค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H เป็นผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง

S_L เป็นผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ

n เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.7.3 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบพัฒนาการ

3.7.3.1 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียนโดยมีข้อตกลงว่า การสอบนั้น 2 ครั้งจะต้องคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Pike, 1991, p. 16) ดังสมการ

$$DS = Y_2 - Y_1 \tag{3-8}$$

เมื่อ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

3.7.4 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังนี้

3.7.4.1 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้ ตามเกณฑ์ 70/70 โดยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและใบกิจกรรม ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) และหาร้อยละของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_2) (เผชิญ กิจระการ, 2544, น. 46-51) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \qquad (3\text{-}9)$$

เมื่อ E_1 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ เป็นคะแนนของใบกิจกรรม และแบบแบบฝึกหัด

A เป็นคะแนนเต็มของใบกิจกรรม และแบบแบบฝึกหัด

N เป็นจำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

$$E_2 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{B} \times 100 \qquad (3\text{-}10)$$

เมื่อ E_2 เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ เป็นคะแนนของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

B เป็นคะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

N เป็นจำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.4.2 การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จากการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed difference score) การสอบ 2 ครั้งที่มีคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Pike, 1991) ดังนี้

$$DS = Y_2 - Y_1 \tag{3-8}$$

เมื่อ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ
Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน
Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

3.7.4.3 เปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้สถิติทดสอบ t-test กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample t-test) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 349) ดังนี้

$$t = \frac{\overline{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}; \quad df = n-1 \tag{3-11}$$

เมื่อ t เป็นค่าสถิติทดสอบที
$\overline{x}$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
μ_0 เป็นค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ
S เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย ตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ระบุสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ดังต่อไปนี้

$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
$S.D.$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (Standard Deviation)
E_1	แทน	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำใบกิจกรรม และแบบฝึกหัด คิดเป็นร้อยละ 70
E_2	แทน	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70
df	แทน	องศาความเป็นอิสระ
t	แทน	สถิติทดสอบ t
$Sig.$	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
$*$	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ลำดับขั้นในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ตอนที่ 2 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 อีกทั้งศึกษาคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ผู้วิจัยศึกษาผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากคะแนน ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ใช้ร้อยละ และคะแนนเก็บระหว่างเรียน และคะแนนสอบหลังเรียน ผู้วิจัยได้นำเสนอ ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 มีรายละเอียดดังนี้

ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ของประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (E_1 / E_2) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด หมายถึง การเริ่มต้นด้วยการเสนอปัญหาที่ไม่มีคำตอบตายตัว เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนปัญหาควรอยู่ในบริบทที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาครูสามารถใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานหรือแสดงความคิดเห็นการตั้งคำถามที่ท้าทายจะช่วยดึงดูดความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ ผู้เรียนอาจได้รับโอกาสอภิปรายร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหานั้นสิ่งสำคัญคือครูต้องกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้และพร้อมที่จะสำรวจแนวทางการแก้ปัญหาอาจใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น วิดีโอ ภาพ หรือสถานการณ์จำลอง เพื่อกระตุ้นความสนใจครูต้องเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A)

ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนสำรวจแนวทางและวิธีการต่าง ๆ ที่อาจนำไปสู่การแก้ปัญหาสามารถใช้การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือ อินเทอร์เน็ต หรือทดลองปฏิบัติอาจมีการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดและพัฒนาแนวทางร่วมกันครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและตั้งคำถามเสริม เพื่อให้ผู้เรียนขยายแนวคิดและพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ การใช้เครื่องมือช่วย เช่น ซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์ หรืออุปกรณ์ทดลองอาจช่วยให้เข้าใจแนวทางได้ดีขึ้นผู้เรียนควรบันทึกวิธีการและแนวทางที่คิดว่าน่าสนใจเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไปสามารถใช้กระบวนการคิดเชิงระบบหรือ Mind Map ในการจัดลำดับแนวทางการแก้ปัญหาควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดลองแนวคิดหลาย ๆ แบบก่อนเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ AP)

ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นและเปรียบเทียบแนวทางที่หลากหลายกระบวนการนี้ช่วยให้เข้าใจว่าหลักการทางคณิตศาสตร์ใดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาครูช่วยชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดคณิตศาสตร์กับแนวทางที่ผู้เรียนใช้อาจมีการใช้กราฟ ตาราง หรือสมการในการอธิบายแนวคิดและตรวจสอบความถูกต้องผู้เรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้และแนวคิดที่สามารถนำไปใช้ต่อยอดสุดท้าย ผู้เรียนบันทึกข้อสรุปและแนวคิดสำคัญที่ได้จากการแก้ปัญหานี้สามารถให้ผู้เรียนสร้างข้อสรุปเป็นอินโฟกราฟิกหรือสื่อสรุปแนวคิดเพื่อการจดจำที่ง่ายขึ้นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ต่อหน้าชั้นเรียนช่วยเสริมทักษะการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ APO)

ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ หมายถึง ผู้เรียนนำแนวคิดที่สรุปได้ไปใช้แก้ปัญหาในบริบทใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้นปัญหาใหม่นี้ควรมีลักษณะที่ท้าทายและต้องการการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนมาครูส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบและใช้วิธีการที่ได้เรียนรู้มาปรับใช้อาจมีการนำเสนอแนวทางของตนเองต่อเพื่อนร่วมชั้นเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการสะท้อนผลการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นจุดแข็งและจุดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมสุดท้าย ครูช่วยสรุปบทเรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามใหม่เพื่อพัฒนาทักษะต่อไปสามารถออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาจริงผ่านโครงงานหรือสถานการณ์จำลองการประเมินผลลัพธ์ทั้งจากตนเองและเพื่อนช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ลุ่มลึกมากขึ้น (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ APOS)

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ของประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (E_1 / E_2) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ผลการวิเคราะห์นำเสนอโดยใช้คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

	คะแนนระหว่างเรียน E_1		รวม	ทดสอบหลังเรียน
	แบบฝึกหัด (40)	ใบกิจกรรม (40)	(80)	E_2 (20)
$\bar{x}$	29.41	30.25	59.66	15.03
S.D.	1.02	1.51	2.53	3.34
ร้อยละ	73.53	75.63	74.58	75.13

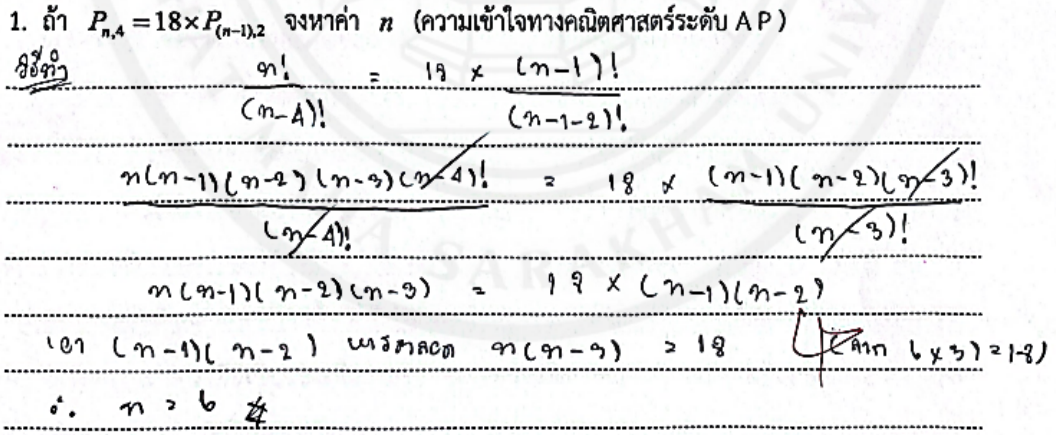
(E_1 / E_2) เท่ากับ 74.58/75.13

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนระหว่างเรียนทั้งหมด 80 คะแนน คิดจากคะแนนใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดอย่างละ 40 คะแนน จะเห็นว่า คะแนนใบกิจกรรมและแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ย 29.41 คิดเป็นร้อยละ 73.53 ($S.D.$=1.02) และคะแนนแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ย 30.25 คิดเป็นร้อยละ 75.63 ($S.D.$=1.51) ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนระหว่างเรียน เท่ากับ 59.66 คิดเป็นร้อยละ 74.58 นั่นคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 74.58 และคะแนนทดสอบหลังเรียนได้จากการทำแบบทดสอบ คิดจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน จะเห็นว่า คะแนนทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย 15.03 คิดเป็นร้อยละ 75.13 นั้นคือประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 75.13 ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมีประสิทธิภาพ (E_1 / E_2) เท่ากับ 74.63/75.13

จากที่กล่าวถึงผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทำให้เห็นได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยนักเรียนในหลายด้านอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ ในด้านการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันจากสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดวิเคราะห์ที่หลากหลายด้วยตนเองได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความมั่นใจในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติยังช่วยเพิ่มคะแนนพัฒนาการทางการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น จากการแลกเปลี่ยนแนวคิด สังเคราะห์ อภิปราย และการนำเสนอทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาและกระบวนการต่าง ๆ ได้ดีขึ้น การเรียนรู้ผ่านกิจกรรมกลุ่มที่เน้นการคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้จากข้อที่ผิดพลาด ช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริง ในสถานการณ์ต่าง ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิด พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา อย่างเป็นระบบ โดยนักเรียนได้ฝึกกำหนดปัญหาปลายเปิด สืบค้นการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง อภิปรายร่วมกันทั้งชั้น และการเชื่อมโยงแนวคิดในการแก้ปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนผ่านการทำงานร่วมกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม ฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้หลากหลายแนวทางจากหลายคำตอบ แม้กระทั่งความผิดพลาดและสามารถปรับตัวได้ดีการทำงานเป็นทีมเป็นอีกหนึ่งประโยชน์ที่สำคัญ นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกัน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการเรียนรู้จากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ รวมถึงช่วยเสริมสร้างทักษะการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานในอนาคต

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 พบว่า คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรม และแบบฝึกหัด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เท่ากับ 29.41 และ 30.25 คิดเป็น ร้อยละ 73.53 และ 75.63 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 74.58 นั่นคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 74.58 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เท่ากับ 15.03 คิดเป็นร้อยละ 75.13 นั่นคือประสิทธิภาพ ด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 75.13 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิภาพ 74.58/75.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ทำให้เห็นได้ ว่านักเรียนมีความรู้ที่เพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเข้าใจถึงรูปแบบหรือหลักการทางคณิตศาสตร์และในศาสตร์ต่าง ๆ จากสถานการณ์ในชีวิตจริงที่อยู่รอบตัว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้ สามารถที่จะคาดคะเนของสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ สามารถที่จะวางแผนการทำงาน สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ อย่างเป็นระบบทำให้นักเรียนยอมรับและรับฟังความคิดเห็นของกันและกันภายในกลุ่ม และสร้างสัมพันธ์ภาพที่ดีระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนได้เป็นอย่างดี

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่ทำใบกิจกรรม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในระดับ A ไปถึง P การวิเคราะห์คำนวณหาค่าตัวแปลที่ยังไม่ทราบค่า ปรากฏดังภาพที่ 4.1 ดังนี้

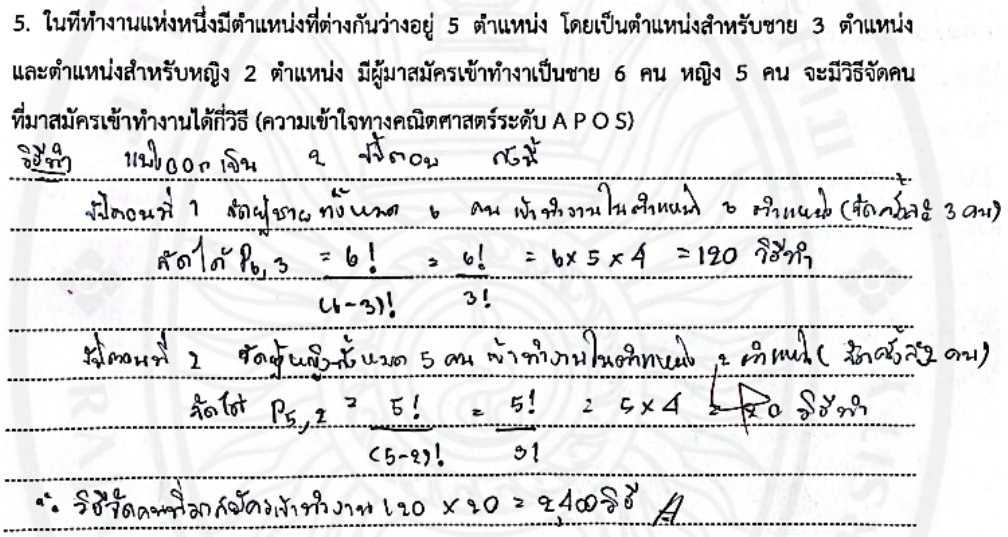


ภาพที่ 4.1 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ A ไปถึง P การวิเคราะห์คำนวณหาค่าตัวแปลที่ยังไม่ทราบค่า ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4

จากภาพที่ 4.1 ผลการทำใบกิจกรรมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ A ไปถึง P

ข้อ 1 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนและหาคำตอบของตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าได้ถูกต้อง เข้าใจแนวคิดและเชื่อมโยงแนวคิดจากสูตรการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกัน โดยไม่คำนึงถึงอันดับ โดยใช้หลักการหรือคุณสมบัติของแฟกทอเรียลเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาร่วมด้วย คำตอบนี้ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียน สามารถทำตามขั้นตอนและหาคำตอบของตัวแปรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่ทำใบกิจกรรม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในระดับ AP ไปถึง O การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นจากสิ่งที่แตกต่างกันทั้งหมดและไม่คำนึงถึงอันดับ ปรากฏดังภาพที่ 4.2 ดังนี้


5. ในที่ทำงานแห่งหนึ่งมีตำแหน่งที่ต่างกันว่างอยู่ 5 ตำแหน่ง โดยเป็นตำแหน่งสำหรับชาย 3 ตำแหน่ง และตำแหน่งสำหรับหญิง 2 ตำแหน่ง มีผู้มาสมัครเข้าทำงานเป็นชาย 6 คน หญิง 5 คน จะมีวิธีจัดคนที่มาสมัครเข้าทำงานได้กี่วิธี (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)

วิธีทำ แผนผังเงิน 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดผู้ชายทั้งหมด 6 คน เข้าทำงานในตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง (จัดเป็นไปได้ 3 คน)

จัดได้ $P_{6,3} = \frac{6!}{(6-3)!} = \frac{6!}{3!} = 6 \times 5 \times 4 = 120$ วิธีทำ

ขั้นตอนที่ 2 จัดผู้หญิงทั้งหมด 5 คน เข้าทำงานในตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง (จัดเป็นไปได้ 20 คน)

จัดได้ $P_{5,2} = \frac{5!}{(5-2)!} = \frac{5!}{3!} = 5 \times 4 = 20$ วิธีทำ

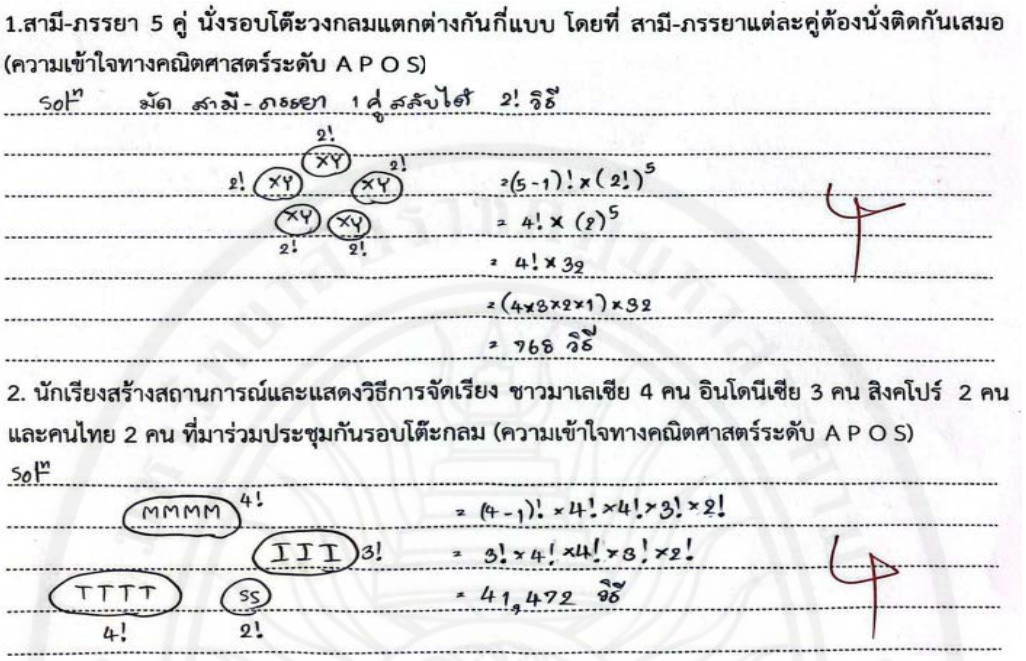
∴ วิธีจัดคนที่มาสมัครเข้าทำงาน $120 \times 20 = 2400$ วิธี

ภาพที่ 4.2 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ AP ไปถึง O การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นจากสิ่งที่แตกต่างกันทั้งหมด ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4

จากภาพที่ 4.2 ผลการทำใบกิจกรรมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ AP ไปถึง O

ข้อ 5 พบว่า นักเรียนเข้าใจแนวคิดและเชื่อมโยงหลักการนับตั้งแต่ 2 ขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน นั่นคือ ใช้การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นจากสิ่งที่แตกต่างกันทั้งหมดประยุกต์ใช้กับหลักการคูณ เช่น การแบ่งเป็นขั้นตอนเพื่อให้จัดเรียงสิ่งของที่แตกต่างกันได้ง่ายขึ้นโดยไม่ซ้ำ และไม่คำนึงถึงอันดับ พร้อมหาคำตอบด้วยวิธีการเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่แตกต่างกันได้ถูกต้อง คำตอบนี้ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าในแนวคิดและหลักการที่ใช้ตามขั้นตอนและหาคำตอบได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบฝึกหัด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในระดับ APO ไปถึง S การเรียงสับเปลี่ยนแบบวงกลม ปรากฏดังภาพที่ 4.3 ดังนี้



ภาพที่ 4.3 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APO ไปถึง S การเรียงสับเปลี่ยนแบบวงกลมที่มีความซับซ้อนขึ้น ข้อ 1 ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน และข้อ 2 ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

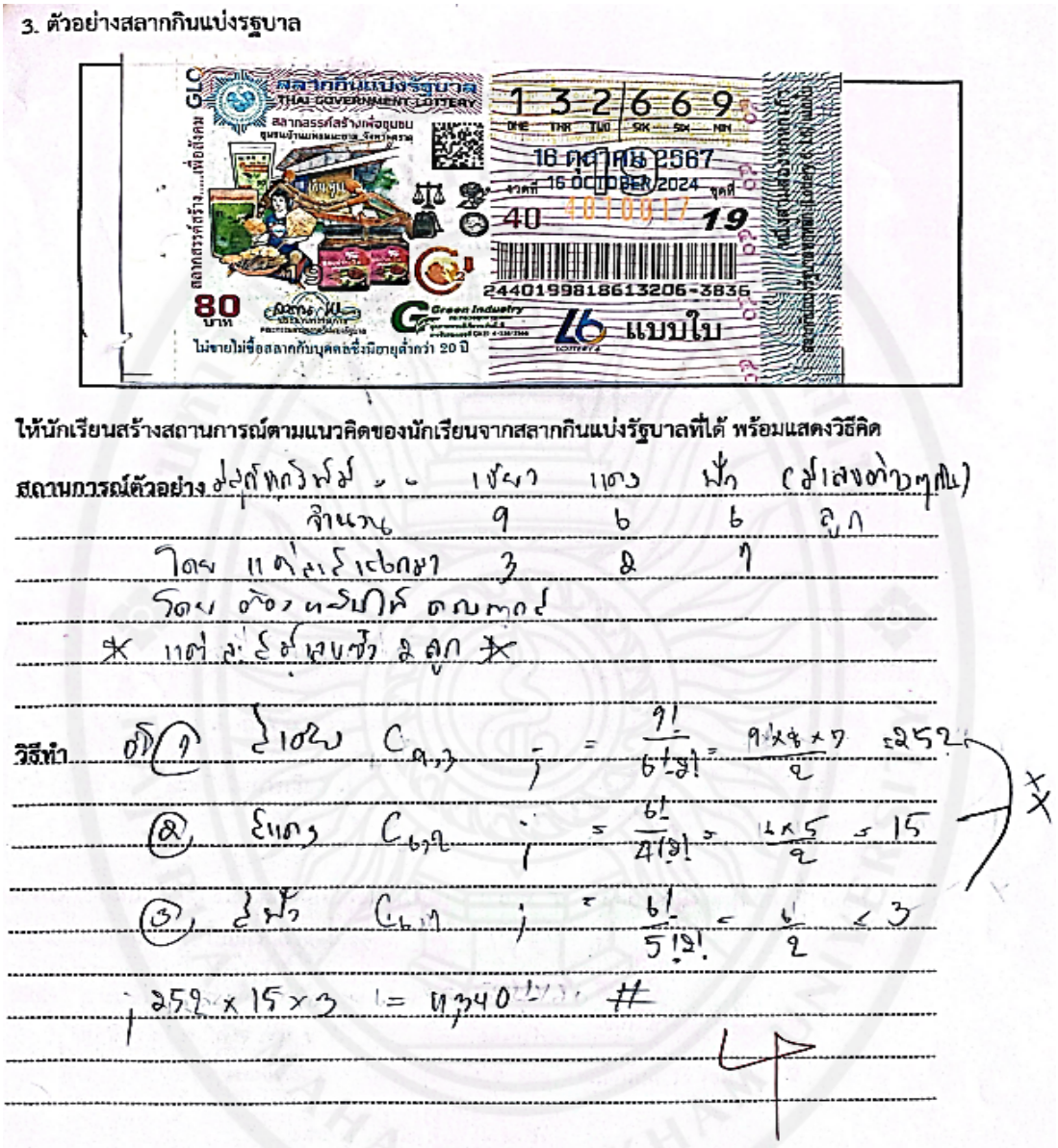
จากภาพที่ 4.3 ผลการทำใบกิจกรรมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APO ไปถึง S

ข้อ 1 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่กำหนดแบบ เข้าใจแนวคิด ใช้อธิบายหรือสร้างแนวคิดใหม่ เช่น การวาดภาพ มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างดี นั่นคือ ใช้การเรียงสับเปลี่ยนแบบวงกลมเชื่อมกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นมาประยุกต์ใช้ได้อย่างลงตัว พร้อมหาคำตอบจากหลักการที่ใช้ได้ถูกต้อง คำตอบนี้ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียนทำตามขั้นตอนที่กำหนดโดยเข้าใจแนวคิด สามารถอธิบายหรือหากลยุทธ์ เช่น การวาดภาพ มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและครบถ้วน

ข้อ 2 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่กำหนดแบบ เข้าใจแนวคิด ใช้อธิบายหรือสร้างแนวคิดใหม่ เช่น การวาดภาพ มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างดีเช่นเดียวกันกับข้อ 1 ซึ่งอยู่ในระดับ APO แต่ยังขาดกระบวนการในการเชื่อมโยงแนวคิดในการสร้างสถานการณ์ปัญหาที่บ่งบอกถึง

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จากสิ่งที่กำหนดให้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่มีความเข้าใจในระดับ S เพราะไม่สามารถสร้างสถานการณ์หรือปัญหาได้เอง คำตอบนี้ได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบฝึกหัด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในระดับ APOS การจัดหมู่ที่คำนึงถึงอันดับเป็นสำคัญ ปรากฏดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APOS การสร้างสถานการณ์ปัญหาจากสิ่งที่กำหนดและแก้ปัญหาโดยใช้หลักการนับที่เรียนมาได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5

จากภาพที่ 4.4 ผลการทำแบบฝึกหัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ในระดับ APOS

ข้อ 3 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่กำหนดแบบ เข้าใจแนวคิด สร้างสถานการณ์ใหม่ ๆ รวบรวม เข้าใจและเชื่อมโยงแนวคิดจากสิ่งที่เรียนรู้มาประยุกต์ใช้กับสิ่งที่พบเจอเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ได้รับได้ตามที่กำหนดให้ โดยเฉพาะระดับ S ซึ่งจะพบเฉพาะระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนไม่สามารถบูรณาการความรู้ ในแต่ละหลักการนับเข้าด้วยกันได้ และมีความบกพร่องในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมากดังข้อที่ 3 คำตอบนี้จึงได้รับ 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถมีความเข้าใจในขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นได้อย่างลงตัวและครบถ้วนแต่มีความบกพร่องในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก

จากตัวงานเขียนในการทำแบบฝึกหัดและใบกิจกรรมของนักเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ได้รับและทำตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง เข้าใจแนวคิดและเชื่อมโยงหลักการนับเบื้องต้นมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะการใช้อธิบายหรือหากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เช่น การวาดภาพมาใช้ในการแก้ปัญหาและแสดงวิธีทำได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้ครบถ้วน แต่ยังความเข้าใจในระดับ O และ S ในนักเรียนบางคน เช่น ขาดกระบวนการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ และการเชื่อมโยงแนวคิดในการสร้างสถานการณ์ปัญหาที่บ่งบอกถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์จากสิ่งพบเจอ และมีความบกพร่อง ในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก แต่โดยรวมแล้วนักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์จากภาพหรือข้อความที่พบเจอได้อย่างมีหลักการและเหตุผลในระดับ A ไปถึง P

ตอนที่ 2 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOSโดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พิจารณาจากผลคะแนนของการทดสอบก่อน-หลังเรียน โดยแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องตน แบบอัตนัย โดยผู้วิจัยได้ นำเสนอผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียน และคะแนนสอบ

ก่อนเรียนโดยการสอบ 2 ครั้งนั้นจะต้องคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

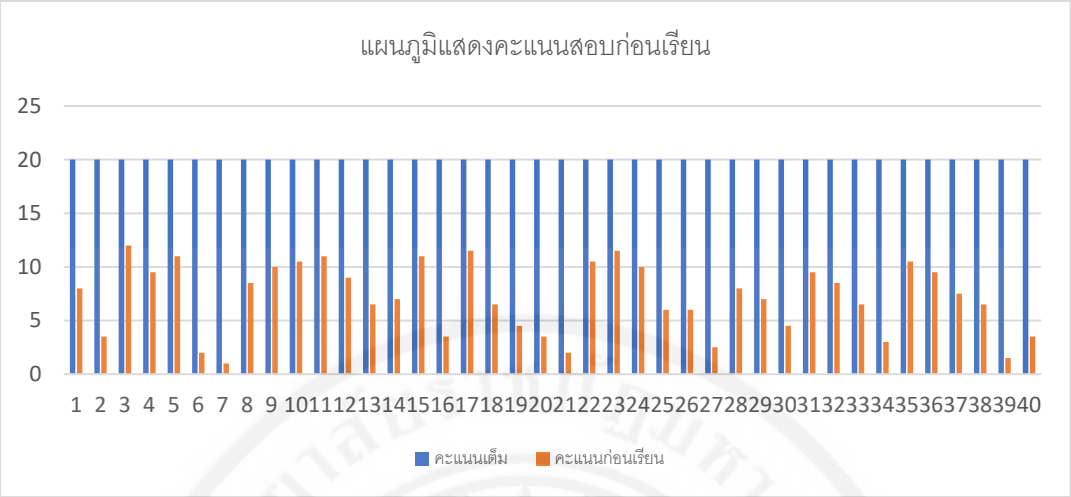
ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนพัฒนาการ แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิกทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้คะแนนพัฒนาการของ Pike (1991, p. 16) $DS = Y_2 - Y_1$ เมื่อ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน และ Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน ปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

	คะแนนดิบ (800)		$DS = Y_2 - Y_1$
	Y_1 (ก่อนเรียน)	Y_2 (หลังเรียน)	(คะแนนพัฒนาการ)
รวม 40 คน	284.50	601.00	316.50
$\bar{x}$	7.11	15.03	7.92
ร้อยละ	35.55	75.13	52.68

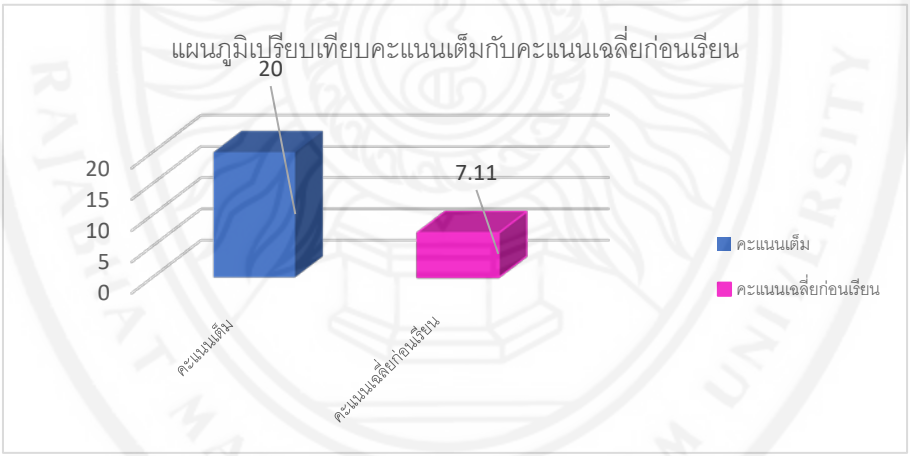
จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนก่อนเรียน ($Y_1 = 284.50$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{x} = 7.11$) คิดเป็นร้อยละ 35.55 และมีคะแนนหลังเรียน ($Y_2 = 601.00$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{x} = 15.03$) คิดเป็นร้อยละ 75.13 นั้นคือคะแนนพัฒนาการ ($DS = 316.50$) คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{x} = 7.92$) คิดเป็นร้อยละ 52.68 เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวจากคะแนนก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เป็นอย่างดี ดังนั้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มากขึ้นและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูงขึ้น ดังภาพต่อไปนี้

ผลคะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ปรากฏดังภาพที่ 4.5



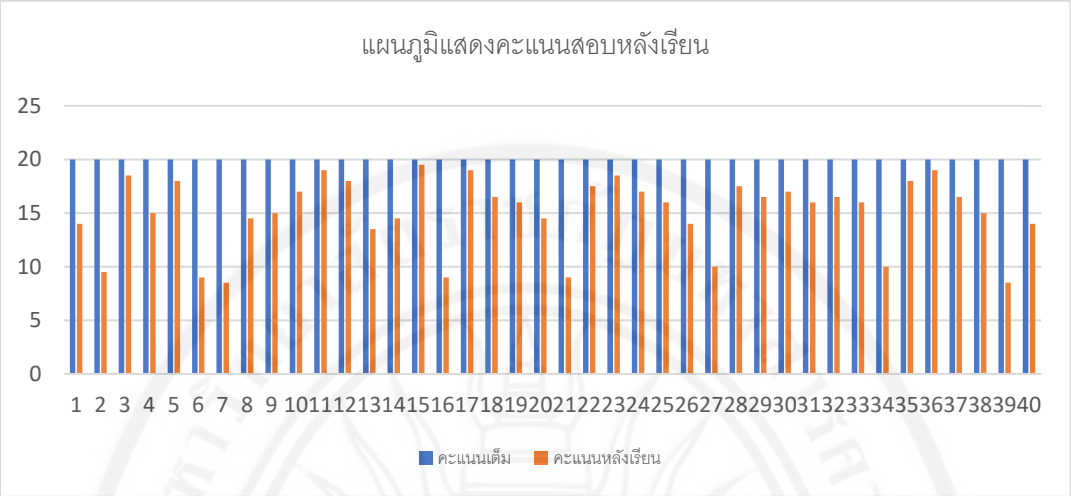
ภาพที่ 4.5 คะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏดังภาพที่ 4.6



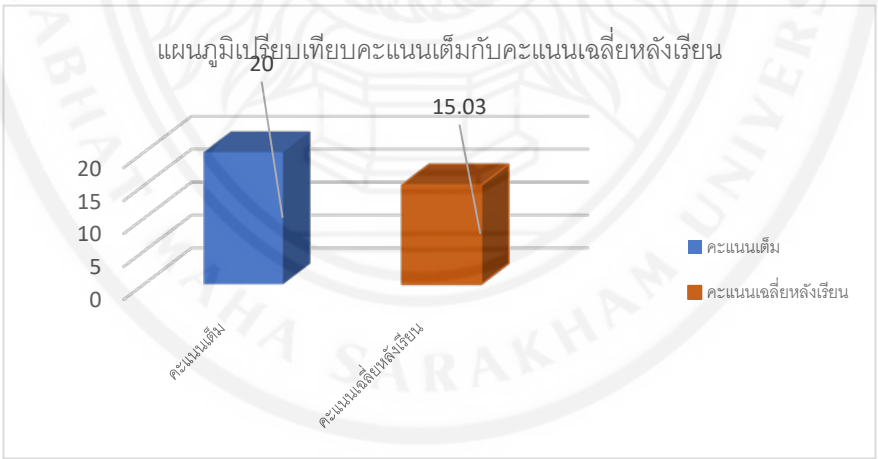
ภาพที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลคะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ปรากฏดังภาพที่ 4.7



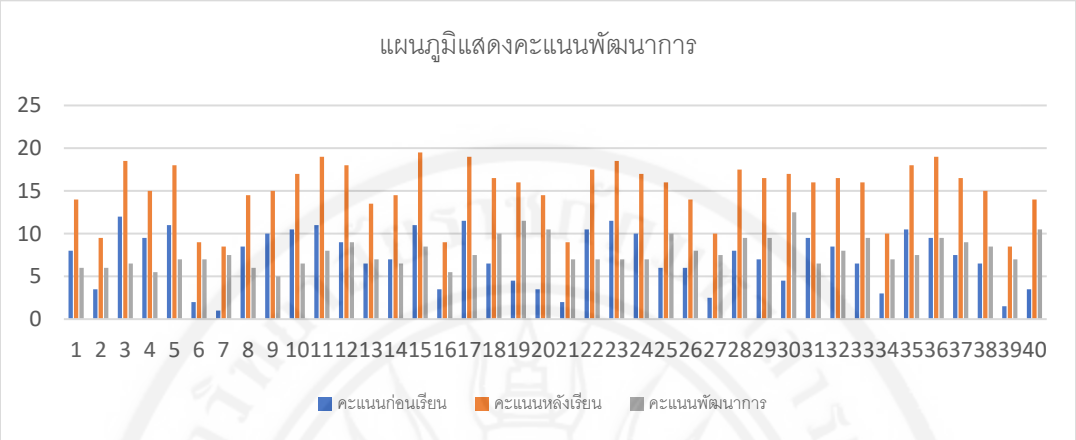
ภาพที่ 4.7 คะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏดังภาพที่ 4.8



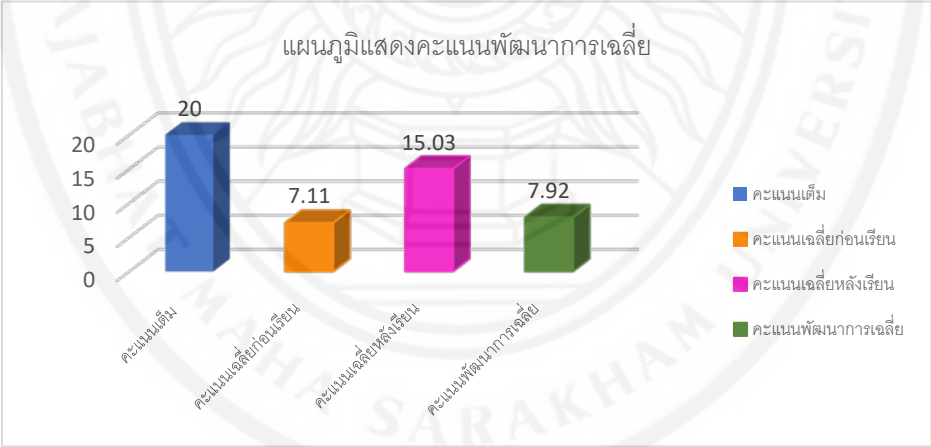
ภาพที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ปรากฏดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน-หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ก่อนเรียน-หลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากภาพที่ 4.5-4.10 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่สูงขึ้นจากคะแนนแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังเรียน แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ได้เป็นอย่างดี ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นที่มีความซับซ้อนมาขึ้น และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหากับศาสตร์สาขาวิชาอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี มีความเข้าใจและให้เหตุผลกับคำตอบที่ได้มาอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงสามารถแสดงแนวคิดได้หลากหลายวิธีจากการร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้หรืออภิปรายกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนและร่วมกันแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ผลคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ย ($\bar{x} = 7.11$) คิดเป็นร้อยละ 35.55 และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย ($\bar{x} = 15.03$) คิดเป็นร้อยละ 75.13 ดังนั้นคะแนนพัฒนาการเฉลี่ย ($\bar{x} = 7.92$) คิดเป็นร้อยละ 52.68 เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวจากคะแนนก่อนเรียน นั่นคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน มีคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ที่เพิ่มขึ้นทุกคน หลักจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เป็นอย่างดี ดังนั้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มากขึ้นและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูงขึ้น นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น มีความเข้าใจและให้เหตุผลกับคำตอบที่ได้มาอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงสามารถแสดงแนวคิดได้หลากหลายวิธีและแก้ไขปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้นักเรียนยังมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและรอบด้าน คิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล มีโอกาสแสดงความเข้าใจด้วยภาษาของตนเอง กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ และสะท้อนแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งไม่เพียงช่วยให้ผู้สอนประเมินความเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น แต่ยังเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการเรียนรู้อีกด้วย

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยศึกษาการเปรียบเทียบผลความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พิจารณาจากการทำแบบการทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยได้ นำเสนอผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

การเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้สถิติทดสอบ t-test กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample t-test) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	n	$\bar{x}$	$S.D.$	df	t	$Sig.$
กิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง	40	15.03	3.34	39	-18	.038

หมายเหตุ. * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

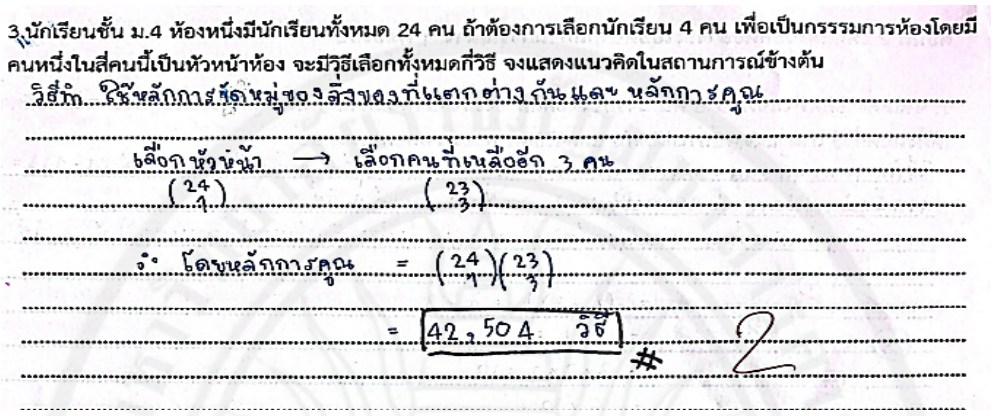
จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 15.03 ร้อยละ 75.13 ดังนั้น นักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ดีขึ้น

ตัวอย่างงานเขียน แบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ A, AP, APO และ APOS มีรายละเอียดดังนี้

งานเขียนแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ที่ลำดับการพัฒนาแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ตั้งแต่ระดับ A

ไปสู่ระดับ P ระดับ O และระดับ S ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีรายละเอียดดังนี้

งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ A ไปถึง P ปรากฏดังภาพที่ 4.11


3.นักเรียนชั้น ม.4 ห้องหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ถ้าต้องการเลือกนักเรียน 4 คน เพื่อเป็นกรรรมการห้องโดยมีคนหนึ่งในสี่คนนี้เป็นหัวหน้าห้อง จะมีวิธีเลือกทั้งหมดกี่วิธี จงแสดงแนวคิดในสถานการณ์ข้างต้น

วิธีทำ ใช้หลักการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน และ หลักการคูณ

เลือกหัวหน้า → เลือกคนที่เหลืออีก 3 คน

$\binom{24}{1}$ $\binom{23}{3}$

∴ โดยหลักการคูณ = $\binom{24}{1}\binom{23}{3}$

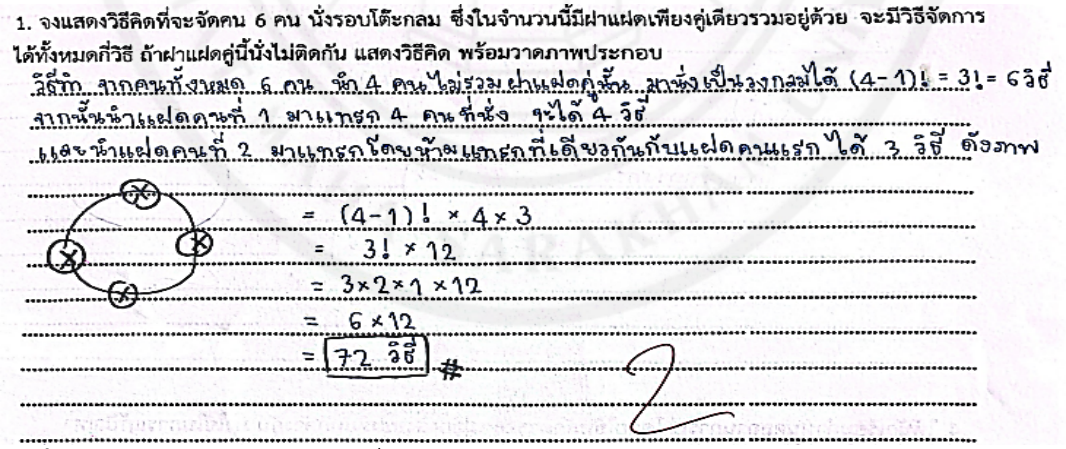
= 42,504 วิธี #

2

ภาพที่ 4.11 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ A ไปถึง P ได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

จากภาพที่ 4.11 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนและอธิบายถึงหลักการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ มีความเข้าใจในหลักการที่นำมาใช้ได้ พร้อมหาคำตอบจากสถานการณ์ข้องต้นได้ถูกต้องและครบถ้วน คำตอบนี้จึงได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ AP ไปถึง O ปรากฏดังภาพที่ 4.12


1. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งในจำนวนนี้มีฝาแฝดเพียงคู่เดียวรวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงวิธีคิด พร้อมวาดภาพประกอบ

วิธีทำ จากคนทั้งหมด 6 คน หัก 4 คนไม่รวมฝาแฝดคู่นั้น มานั่งเป็นวงกลมได้ $(4-1)! = 3! = 6$ วิธี

จากนั้นนำแฝดคนที่ 1 มาแทรก 4 คนที่นั่ง จะได้ 4 วิธี

และนำแฝดคนที่ 2 มาแทรกโดยห้ามแทรกที่เดียวกันกับแฝดคนแรกได้ 3 วิธี ดังภาพ

$= (4-1)! \times 4 \times 3$

$= 3! \times 12$

$= 3 \times 2 \times 1 \times 12$

$= 6 \times 12$

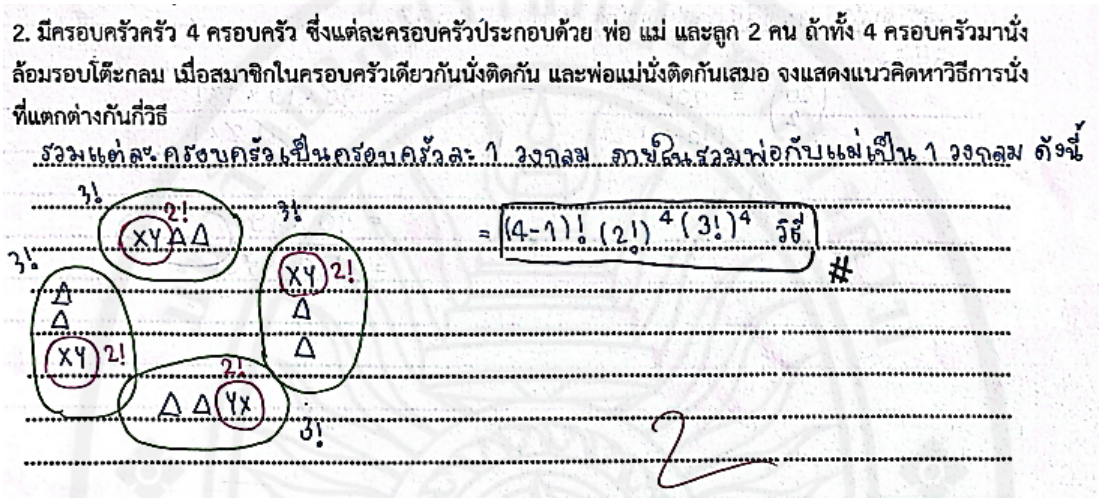
= 72 วิธี #

2

ภาพที่ 4.12 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ AP ไปถึง O ได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

จากภาพที่ 4.12 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอน เลือกหลักการนับมาใช้ในการแก้ปัญหาและอธิบายถึงเหตุผลจากสถานการณ์ได้อย่างชัดเจนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในหลักการที่นำมาใช้ได้อย่างดี อธิบายด้วยหลักการแนวคิดที่ตนเองเข้าใจได้เข้าใจง่ายด้วยคำอธิบายและภาพประกอบ พร้อมหาคำตอบจากสถานการณ์ข้องต้นได้ถูกต้องและครบถ้วน คำตอบนี้จึงได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

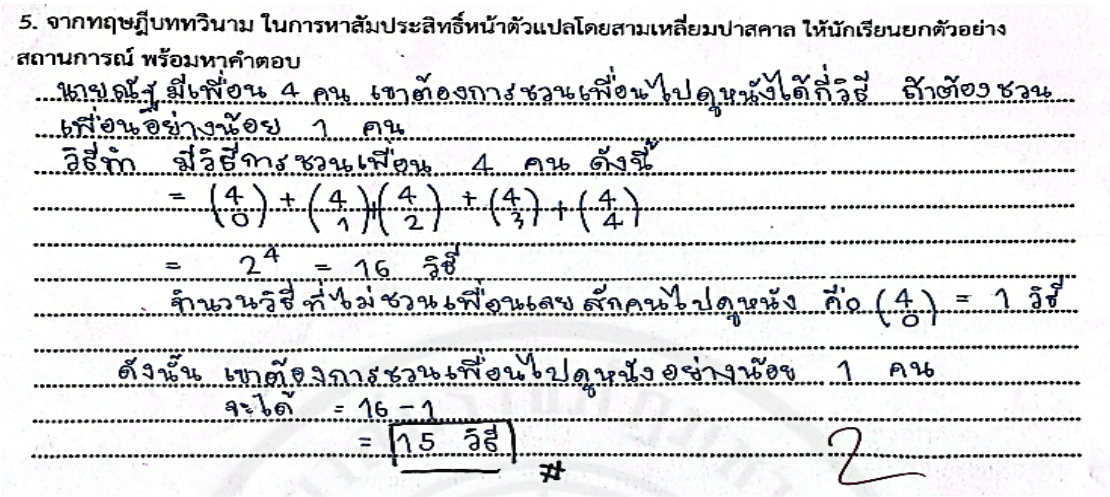
งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ APO ปรากฏดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ APO ได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 3

จากภาพที่ 4.13 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่มีความซับซ้อนขึ้น เลือกหลักการนับมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล ใช้อธิบายหรือสร้างแนวคิดโดยการสร้างภาพจำลองที่จากสถานการณ์ได้อย่างชัดเจนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในขั้นตอนและหลักการที่นำมาใช้ได้ได้อย่างดี แต่ยังขาดการอธิบายถึงหลักการที่นำมาใช้และการคำนวณหาคำตอบไม่สิ้นสุด คำตอบนี้จึงได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 3

งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ APO ปรากฏดังภาพที่ 4.14 และ 4.15


5. จากทฤษฎีบททวินาม ในการหาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปลโดยสามเหลี่ยมปาสคาล ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ พร้อมหาคำตอบ

นายณัฐมีเพื่อน 4 คน เขาต้องการชวนเพื่อนไปดูหนังได้กี่วิธี ถ้าต้องชวนเพื่อนอย่างน้อย 1 คน

วิธีที่ มีวิธีการชวนเพื่อน 4 คน ดังนี้

$= \binom{4}{0} + \binom{4}{1} + \binom{4}{2} + \binom{4}{3} + \binom{4}{4}$

$= 2^4 = 16$ วิธี

จำนวนวิธีที่ไม่ชวนเพื่อนเลย สักคนไปดูหนัง คือ $\binom{4}{0} = 1$ วิธี

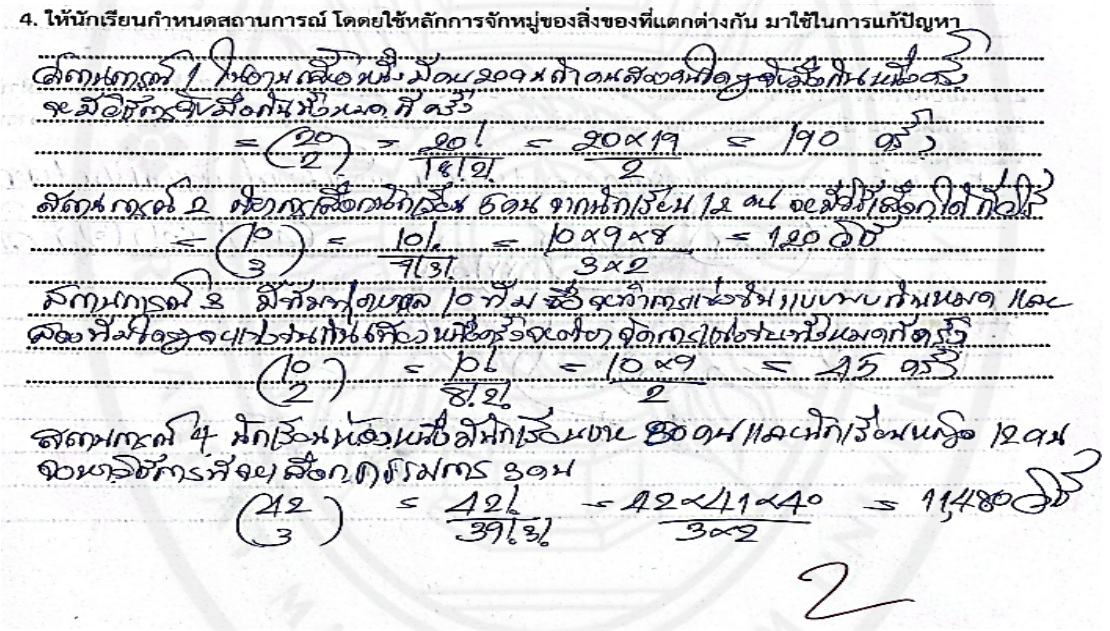
ดังนั้น เขาต้องการชวนเพื่อนไปดูหนังอย่างน้อย 1 คน

จะได้ $= 16 - 1$

$= \boxed{15 \text{ วิธี}}$ #

2

ภาพที่ 4.14 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ APOS ได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2


4. ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์ โดยใช้หลักการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหา

สถานการณ์ 1 ในห้องเรียนมีนักเรียน 20 คน ถ้าคนสองคนต้องจับมือกันเพื่อจะมีวิธีการจับมือกันทั้งหมดกี่ครั้ง

$= \binom{20}{2} = \frac{20!}{18!2!} = \frac{20 \times 19}{2} = 190$ ครั้ง

สถานการณ์ 2 ห้องหนึ่งมีนักเรียน 10 คน จากนักเรียน 12 คน จะมีวิธีเลือกได้กี่วิธี

$= \binom{10}{3} = \frac{10!}{7!3!} = \frac{10 \times 9 \times 8}{3 \times 2} = 120$ วิธี

สถานการณ์ 3 มีทีมฟุตบอล 10 ทีม ถ้าต้องการแข่งขันแบบพบกันหมดหนึ่งครั้ง จะมีวิธีการจับคู่แข่งขันทั้งหมดกี่วิธี

$\binom{10}{2} = \frac{10!}{8!2!} = \frac{10 \times 9}{2} = 45$ วิธี

สถานการณ์ 4 นักเรียนห้องหนึ่งมีนักเรียนชาย 30 คน และนักเรียนหญิง 12 คน จงหาวิธีการที่จะเลือกตัวแทน 3 คน

$\binom{42}{3} = \frac{42!}{39!3!} = \frac{42 \times 41 \times 40}{3 \times 2} = 11480$ วิธี

2

ภาพที่ 4.15 งานเขียนของนักเรียนที่มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในระดับ APOS ได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

จากภาพที่ 4.14 และ 4.15 พบว่า นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่มีความซับซ้อนขึ้น เข้าใจแนวคิดที่นำมาใช้ทำซ้ำจนคิดในใจได้อย่างชัดเชนจนสามารถสร้างสถานการณ์ขึ้นเองได้ โดยใช้การอธิบายหรือสร้างแนวคิดใหม่ จากสามเหลี่ยมปาสคาลในการแก้ปัญหาที่สามารถอธิบายถึงเหตุผล

จากสถานการณ์ได้อย่างชัดเจน และเข้าใจเชื่อมโยงแนวคิด ใช้แก้ปัญหาซับซ้อนได้แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในขั้นตอนและหลักการที่นำมาใช้ได้ได้อย่างดี พร้อมหาคำตอบจากสถานการณ์ข้องต้นได้ถูกต้องและครบถ้วน คำตอบนี้จึงได้รับ 2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 2

จากตัวอย่างงานเขียนแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ได้รับตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ตั้งแต่ระดับ A ไปสู่ระดับP ระดับ O และระดับ S ที่แตกต่างกัน นั่นคือ นักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่มีความซับซ้อน เลือกและอธิบายหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน มีความเข้าใจในหลักการที่นำมาใช้อย่างดี สามารถหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน และในระดับสูง นักเรียนยังสามารถสร้างสถานการณ์หรือแนวคิดใหม่ เช่น การใช้สามเหลี่ยมปาสคาลมาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน แสดงถึงความเข้าใจเชิงลึกทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 15.03 ร้อยละ 75.13 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS นั่นคือนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง วิเคราะห์จากแบบวัดความพึงพอใจที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง วิเคราะห์จากแบบวัดความพึงพอใจ ปรากฏดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การประเมินความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นำเสนอโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจ

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
1	นักเรียนนักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่มและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ	4.58	0.56	ระดับมากที่สุด
2	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด	4.45	0.65	ระดับมาก
3	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	4.59	0.61	ระดับมากที่สุด
4	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน	4.39	0.89	ระดับมาก
5	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ	4.58	0.56	ระดับมากที่สุด
6	นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)	4.59	0.61	ระดับมากที่สุด
7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.59	0.61	ระดับมากที่สุด
8	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องมีความพร้อมและกระตือรือร้นอยู่เสมอ	4.55	0.56	ระดับมากที่สุด
9	สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน	4.46	0.68	ระดับมาก
10	นักเรียนเลือกใช้ข้อมูลที่ค้นคว้าหาข้อมูลผ่านกระบวนการอภิปรายแนวคิดกับเพื่อน ๆ และทางเทคโนโลยีในการทำกิจกรรมได้ดี	4.52	0.54	ระดับมากที่สุด
11	นักเรียนชอบที่ได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหานอกหนังสือเรียน	4.42	0.89	ระดับมาก

(ต่อ)

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
12	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในด้านเวลา	4.55	0.61	ระดับมากที่สุด
13	นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดีและทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง	4.42	0.63	ระดับมาก
14	นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง	4.59	0.61	ระดับมากที่สุด
15	นักเรียนชอบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมแนวคิดกับการคิดแก้ปัญหาของตนเอง	4.53	0.62	ระดับมาก
16	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้น	4.57	0.55	ระดับมากที่สุด
17	นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง	4.59	0.63	ระดับมากที่สุด
18	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.49	0.63	ระดับมาก
19	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย	4.57	0.62	ระดับมากที่สุด
20	นักเรียนชอบเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้กล้าแสดงออก	4.49	0.65	ระดับมาก
21	นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูในระหว่างเรียนมากยิ่งขึ้น	4.54	0.56	ระดับมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
22	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.52	0.69	ระดับมากที่สุด
23	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ได้ในหลากหลายสาขาวิชา	4.58	0.56	ระดับมากที่สุด
รวม		4.53	0.63	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 4.53 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ ตั้งแต่ 4.51–5.00 มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง และนักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง $\left(\overline{x}=4.59, S.D.=0.63\right)$ รองลงมา คือ นักเรียนนักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ และการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ได้ในหลากหลายสาขาวิชา $\left(\overline{x}=4.58, S.D.=0.56\right)$ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้น $\left(\overline{x}=4.57, S.D.=0.55\right)$ และการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย $\left(\overline{x}=4.57, S.D.=0.62\right)$ ตามลำดับ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คะแนนเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.53 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 4.51–5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำ

กิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง และนักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง $\left(\bar{x} = 4.59, S.D. = 0.63\right)$ รองลงมา คือ นักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ และการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ได้ในหลากหลายสาขาวิชา $\left(\bar{x} = 4.58, S.D. = 0.56\right)$ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้น $\left(\bar{x} = 4.57, S.D. = 0.55\right)$ และการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย $\left(\bar{x} = 4.57, S.D. = 0.62\right)$ ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้สรุป ไว้ดังนี้

5.1.1 การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 70/70 พบว่า การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ พบว่า คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและใบกิจกรรม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เท่ากับ 29.41 และ 30.25 คิดเป็นร้อยละ 73.53 และ 75.63 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ย และคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 74.58 นั่นคือการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 75.13 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เฉลี่ย 15.03 คิดเป็นร้อยละ 75.13 นั้นคือประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 75.13 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลต่อความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS จึงมีประสิทธิภาพ 74.58/75.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับ

สถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ทำให้เห็นได้ว่านักเรียนได้รับความรู้ และมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น หลักการแนวคิด สูตรท่องจำ เพียงการใช้เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่อยู่รอบตัว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ได้ สามารถที่จะคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้น สามารถวางแผน และสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ขึ้นมาได้อย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม ตลอดจนถึงสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง และผู้เรียนกับผู้สอน

5.1.2 การศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า และนักเรียนมีคะแนนพัฒนาการที่สูงขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มากขึ้นจากเดิม นั่นคือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 7.11 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 15.03 จะเห็นว่าคะแนนพัฒนาการเฉลี่ย 7.92 คิดเป็นร้อยละ 52.68 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ รวมถึงการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

5.1.3 การเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 15.03 คิดเป็นร้อยละ 75.13 ดังนั้น ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ในระดับดีเยี่ยม

5.1.4 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 4.53 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ ตั้งแต่ 4.51–5.00 มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง และนักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง $\left(\bar{x}=4.59, S.D.=0.63\right)$ รองลงมา คือ นักเรียนนักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ และการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ได้ในหลากหลายสาขาวิชา $\left(\bar{x}=4.58, S.D.=0.56\right)$ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้นและการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย $\left(\bar{x}=4.57, S.D.=0.55\right)$ และ $\left(\bar{x}=4.57, S.D.=0.62\right)$ ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 จากการศึกษา พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตมีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ ผลพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 74.58/75.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่สร้างขึ้นจำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการเรียนเพิ่มขึ้น กระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ที่พบเจอ หรือสร้างแนวคิดเพิ่มเติมที่หลากหลาย โดยขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด หมายถึง การเริ่มต้นด้วยการเสนอปัญหาที่ไม่มีคำตอบตายตัว เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนปัญหาควรอยู่ในบริบทที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาครูสามารถใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานหรือแสดงความคิดเห็น การตั้งคำถามที่ท้าทายจะช่วยดึงดูดความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ผู้เรียนอาจได้รับโอกาสอภิปรายร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหานั้นสิ่งสำคัญคือครูต้องกระตุ้นให้เกิดความ

อยากรู้และพร้อมที่จะสำรวจแนวทางการแก้ปัญหาอาจใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น วิดีโอ ภาพ หรือสถานการณ์จำลอง เพื่อกระตุ้นความสนใจครูต้องเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนสำรวจแนวทางและวิธีการต่าง ๆ ที่อาจนำไปสู่การแก้ปัญหาสามารถใช้การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือ อินเทอร์เน็ต หรือทดลองปฏิบัติอาจมีการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดและพัฒนาแนวทางร่วมกันครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและตั้งคำถามเสริม เพื่อให้ผู้เรียนขยายแนวคิดและพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ การใช้เครื่องมือช่วย เช่น ซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์ หรืออุปกรณ์ทดลอง อาจช่วยให้เข้าใจแนวทางได้ดีขึ้นผู้เรียนควรบันทึกวิธีการและแนวทางที่คิดว่าน่าสนใจเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไปสามารถใช้กระบวนการคิดเชิงระบบหรือ Mind Map ในการจัดลำดับแนวทางการแก้ปัญหาควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดลองแนวคิดหลาย ๆ แบบก่อนเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นและเปรียบเทียบแนวทางที่หลากหลายกระบวนการนี้ช่วยให้เข้าใจว่าหลักการทางคณิตศาสตร์ใดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาครูช่วยชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดคณิตศาสตร์กับแนวทางที่ผู้เรียนใช้อาจมีการใช้กราฟ ตาราง หรือสมการในการอธิบายแนวคิดและตรวจสอบความถูกต้องผู้เรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้และแนวคิดที่สามารถนำไปใช้ต่อยอดสุดท้าย ผู้เรียนบันทึกข้อสรุปและแนวคิดสำคัญที่ได้จากการแก้ปัญหานี้สามารถให้ผู้เรียนสร้างข้อสรุปเป็นอินโฟกราฟิกหรือสื่อสรุปแนวคิดเพื่อการจดจำที่ง่ายขึ้นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ต่อหน้าชั้นเรียนช่วยเสริมทักษะการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ หมายถึง ผู้เรียนนำแนวคิดที่สรุปได้ไปใช้แก้ปัญหาในบริบทใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้นปัญหาใหม่นี้ควรมีลักษณะที่ท้าทายและต้องการการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนมาครูส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบและใช้วิธีการที่ได้เรียนรู้มาปรับใช้อาจมีการนำเสนอแนวทางของตนเองต่อเพื่อนร่วมชั้นเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการสะท้อนผลการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นจุดแข็งและจุดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมสุดท้าย ครูช่วยสรุปบทเรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามใหม่เพื่อพัฒนาทักษะต่อไปสามารถออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาจริงผ่านโครงงานหรือสถานการณ์จำลองการประเมินผลลัพธ์ทั้งจากตนเองและเพื่อนช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ลุ่มลึกมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ราตรี สมรูป (2566, น. 449-464) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องการนำเสนอข้อมูล สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูล 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูลและ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับ

สื่ออินโฟกราฟฟิกกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 โรงเรียนบ้านหนองขาว จังหวัดพิจิตรจำนวน 30 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิก เรื่องการนำเสนอข้อมูลจำนวน 5 แผน 2) แบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for Dependent Samples) ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูลมีกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนได้แก่ขั้นการนำเสนอปัญหาด้วยสื่ออินโฟกราฟฟิกขั้นการเรียนรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดและขั้นสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดและเมื่อนำไปทดลองใช้มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5905 2) ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกโดยรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกวลี มาหา (2565, น. 135-151) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องความน่าจะเป็น หลัง ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 และ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องความน่าจะเป็น ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนแห่งหนึ่ง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้ จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 35 คน เครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการคิดเชิง สร้างสรรค์ เรื่อง ความน่าจะเป็น แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและแบบวัดความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สถิตที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน การทดสอบที t-test for one sample และการทดสอบค่าสถิต t-test for dependent samples ผลการการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการ แบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้

คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการ แบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Erawun, et al. (2021, pp. 3215-3222) ได้ศึกษากระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงปรากฏการณ์วิทยา (Phenomenology) โดยใช้แนวทางการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) เพื่อประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นที่การทำความเข้าใจความหมายของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านมุมมองและประสบการณ์ของนักเรียนเป็นสำคัญ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์วิทยาในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการแบบเปิดของนักเรียนตามการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 พบว่า ปรากฏการณ์วิทยาในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการแบบเปิดของนักเรียนตามการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งทั้งขั้นตอนทั้ง 4 ของวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะเป็นปรากฏการณ์วิทยาแนวอุตรวิสัย กล่าวถึง เป็นความคิดที่เกิดขึ้นอย่างอิสระในเรื่องที่ต้องการศึกษาหลักสำคัญของแนวคิดนี้คือ มุ่งพรรณนาความหมายที่สร้างขึ้นมาในจิตสำนึก ผู้ศึกษาตาม แนวคิดนี้ต้องไม่มีอคติ และไม่มีความเอนเอียงในเรื่องที่ศึกษา โดยขจัดความคิดเห็นของตนออกจากสิ่งที่ตนเองกำลังศึกษา (Bracketing) เน้นที่จุดมุ่งหมาย (Intentionality) และสาระสำคัญ (Essences) ของการรับรู้ของบุคคลมีความเชื่อว่ามนุษย์จะเข้าใจในสิ่งที่ประสบได้ด้วยการรับรู้ โดยสรุปจากการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์ สำหรับขั้นตอนนี้ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงผลงานเดี่ยวหรือผลงานกลุ่มบนกระดานดำหน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนร่วมชั้นเรียนได้มองเห็น ยิ่งไปกว่านั้นหากเป็นไปได้ครูควรที่จะแสดงผลงานทั้งหมดของนักเรียน แม้ว่าอาจจะมีงานที่มีแนวคิดคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกัน ผลงานที่ยังไม่สมบูรณ์หรือผลงานที่มีข้อผิดพลาด ทั้งนี้ครูควรที่จะแสดงออกต่อผลงานหรือแนวคิดของนักเรียนในทางบวกแล้วจึงค่อย ๆ ปรับแนวคิดที่ไม่ถูกต้องจากการแลกเปลี่ยนและเสนอแนะจากเพื่อนนักเรียนร่วมชั้นเรียน อีกทั้งยังยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภมาศ แก้วมณี (2561, น. 359-354) ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีการสอนแบบปกติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ 0.05 2) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบ ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัย ก้องเกียรติ เสนกัลป์ (2563, น. 986-992) ศึกษาการพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชันตรีโกณมิติของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดนั้น ขั้นนำเสนอสถานการณ์

ปัญหาปลายเปิด ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการใช้คำถามของครูผู้สอนซึ่งมักเป็นคำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิดระดับพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนเข้าถึงสถานการณ์ปัญหา และเตรียมความรู้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปลายเปิด ปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นจากการใช้คำถามของนักเรียนแก่เพื่อนนักเรียน เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหา เพื่อช่วยกันหาวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนได้รับ การใช้คำถามกับครูผู้สอนเมื่อนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ หรือวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง และเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย การใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิด ระดับสูงเพื่อให้นักเรียนพยายามใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มาอธิบายและแก้ปัญหาที่ได้รับ ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน พบว่าปฏิสัมพันธ์ในขั้นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อปัญหาที่ นักเรียนได้รับนั้นมีความท้าทายกับตัวนักเรียน และทำให้เกิดแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา โดยคำถามที่ครูผู้สอนใช้จะมีทั้งคำถามกระตุ้นกระบวนการคิดระดับพื้นฐาน และระดับสูงเพื่อให้ นักเรียนอธิบายการแก้ปัญหาของตนเองแก่ชั้นเรียน ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ เกิดขึ้นของนักเรียน จะเป็นการใช้คำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิดระดับพื้นฐานของครูผู้สอน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของการจัดการเรียนรู้ และคำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิด ระดับสูงเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์และเกิดการอภิปรายร่วมกันในชั้น เรียน 2) การพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ตำแหน่งของการพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้ที่สำคัญ มีผลมาจากขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และขั้นอภิปราย เปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน เมื่องานที่นักเรียนได้รับมอบหมายนั้นมีความท้าทายกับ ความสามารถ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ทำให้นักเรียนพยายามค้นหาคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับส่งผลให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาและเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดวิธีในการแก้ปัญหาของกลุ่ม ทำให้ปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนสูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 ผลการศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการที่สูงขึ้นจากก่อนได้รับได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง 316.50 นั่นคือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 7.11 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 15.03 ซึ่งคะแนนเพิ่มขึ้นจากคะแนนก่อนเรียน พบว่า คะแนนพัฒนาการเฉลี่ย 7.92 คิดเป็นร้อยละ 52.68 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิม ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลลัพธ์ปรากฏอย่างชัดเจนผ่านคะแนนหลังเรียนที่สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์อย่างอิสระ

การมีส่วนร่วมในการค้นพบ และการเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวัน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาเชิงลึกมากยิ่งขึ้น และแสดงวถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pike (1991, p. 18) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน โดยมีข้อตกลงว่า การสอบนั้น 2 ครั้งจะต้องคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิม หรือแบบทดสอบคู่ขนาน การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีการนี้มีข้อดี คือ เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นวิธีเริ่มแรกของการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้รับความนิยมสูง เพราะเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงในการหาวิธีนี้ไม่สนใจในเรื่องความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของคะแนนสอบก่อนเรียน และคะแนนสอบหลังเรียนที่มีค่าเท่ากัน และหักล้างกันหมดไป ซึ่งถือว่าเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกัน ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Line and Slinde (1997, pp. 538-354) ศึกษาด้านการเรียนรู้และการสอนนั้นสามารถเชื่อมโยงกับการพัฒนาแนวทางหรือกลยุทธ์ในการสอนที่มีประสิทธิภาพ พบว่า ประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการที่มีการประเมินและปรับปรุงตามผลจะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนได้รับการกระตุ้นให้ใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ที่ยั่งยืน รวมถึงกลยุทธ์ต่าง ๆ ช่วยให้การเรียนรู้สามารถตอบสนองต่อความแตกต่างของนักเรียนในด้านพื้นฐานความรู้และทักษะ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Willett (1997, pp. 175-181) การศึกษาผลกระทบของเทคนิคการสอนหรือการประเมินผลการเรียนรู้ โดยเฉพาะในเชิงการศึกษาวิจัยที่ใช้ทั้งการศึกษาปริมาณ (Quantitative Research) และ การศึกษาคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพและผลกระทบของวิธีการสอนหรือการประเมินผลที่นำมาใช้ พบว่า การใช้สถานการณ์การสอนมีความเหมาะสมและสามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วน การใช้เทคนิคหรือแนวทางการสอนบางประเภทที่มีผลต่อการเรียนรู้ เช่น การใช้วิธีการสอนที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมของนักเรียน หรือการใช้สื่อและเทคโนโลยีในการช่วยการเรียนการสอน และวิธีการสอนสามารถตอบสนองต่อความต้องการและลักษณะของนักเรียนแต่ละคนได้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี Apos หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการศึกษา พบว่า ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี Apos หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี Apos คิดเป็นร้อยละ 75.13 อยู่ในระดับดีเยี่ยม

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนหาแนวทาง รูปแบบ วิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยใช้แนวคิดที่นักเรียนเข้าใจจากการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนในชั้นเรียนก่อนการเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เมื่อเริ่มทำกิจกรรมนักเรียนร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ โดยเริ่มตั้งแต่การนำเสนอปัญหาปลายเปิด โดยนักเรียนต้องอธิบายโจทย์ได้ว่า ต้องการทราบอะไรและสิ่งที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ส่งต่อมาถึงสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง โดยสามารถระบุสิ่งที่ต้องการทราบและข้อจำกัด โดยสมาชิกในกลุ่ม จะต้องมีความเข้าใจที่ตรงกันจากอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน จากนั้นมีการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน นักเรียนระดมความคิดวิเคราะห์ปัญหาที่พบหรือสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยสำรวจและทบทวนความรู้พื้นฐานให้เข้าใจและนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และสามารถหาแนวทางการแก้ปัญหาทำให้เกิดการสร้างแนวคิดใหม่ เช่น นักเรียนในแต่ละกลุ่มอาจจะหายุทธวิธีให้สอดคล้องกับปัญหา โดยจะมีลักษณะที่เป็นคำตอบที่หลากหลายของปัญหา และทำการวิเคราะห์หรือสังเคราะห์ความรู้แล้วนำสิ่งที่ได้มาดำเนินการบูรณาการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ตามแนวคิดทฤษฎี APOS โดยครูผู้สอนช่วยให้คำแนะนำสรุปความคิดรวบยอด จากการนำเสนอผลงานของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Tatira (2025, pp. 1305-1318) ศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แคลคูลัสปริพันธ์ในจลนศาสตร์ พบว่า ในการเรียนแคลคูลัส นักศึกษาจำเป็นต้องเข้าใจการอินทิเกรตฟังก์ชันซึ่งเกี่ยวข้องกับกฎการคำนวณหรือขั้นตอนเชิงอัลกอริทึม แต่เมื่อต้องนำไปประยุกต์กับปัญหาในบริบทจริง เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุ นักศึกษามักประสบปัญหาในการเชื่อมโยงความเข้าใจเชิงคำนวณกับสถานการณ์จริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แคลคูลัสเชิงปริพันธ์ในหัวข้อจลนศาสตร์ (Kinematics) โดยใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) การวิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ โดยศึกษากรณีของนักศึกษาสาขาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี จำนวน 150 คน จากมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศแอฟริกาใต้ ข้อมูลถูกรวบรวมจากการทดสอบข้อเขียน และการสัมภาษณ์เชิงกึ่งโครงสร้างกับนักศึกษาที่คัดเลือกแบบเจาะจงจำนวน 8 คน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาเพื่อระบุระดับความเข้าใจในแนวคิดจลนศาสตร์ที่สัมพันธ์กับแคลคูลัส ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความยากลำบากในการอินทิเกรตฟังก์ชันในระดับที่สองและสาม โดยเฉพาะการแทนค่าคงที่และการใช้แนวคิดเรื่องความเร็วและความเร่งซึ่งยังขาดความเชื่อมโยงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างถูกต้อง งานวิจัยนี้จึงเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการสอนแคลคูลัสที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง และการใช้ทฤษฎี APOS เพื่อช่วยประเมินและพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khemjira Tiengyoo, et al. (2024, pp. 2401-2415) การศึกษาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในเรื่องทฤษฎีเซตโดยใช้กรอบแนวคิด APOS ร่วมกับภาษาโปรแกรม Python สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า

งานวิจัยนี้นำกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS (Action–Process–Object–Schema) มาใช้ในการประเมินระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในเรื่องเซตของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คนได้รับการสุ่มเลือกในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 กิจกรรมการเรียนรู้ถูกออกแบบเป็นแผนการสอนจำนวน 6 แผน แผนละ 180 นาที ประกอบด้วยเป้าหมายการเรียนรู้ สาระเนื้อหา สื่อและแหล่งเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผล ซึ่งรวมทั้งแบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่องเซต และแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจในแนวคิดเรื่องเซตอยู่ในระดับดี โดยมากกว่า 60% ของนักเรียนสามารถผ่านเกณฑ์ในแต่ละระดับตามทฤษฎี APOS ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยเฉพาะในการประยุกต์ใช้แนวคิดทั้ง 4 ระดับของ APOS อย่างสอดคล้องกัน พบว่าโปรแกรม Python ที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงโครงสร้างทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแนวคิดของ เกษรา ศรีเมือง (2566, น. 27-48) ศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและ ทรงกระบอกโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการ เรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT กลุ่มเป้าหมายใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน โดยวิธีการได้มาจาก การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกและแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก หลังใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนสร้างความคิด รวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำโดยที่นักเรียนแปลความหมาย จากข้อมูลโดยการสังเกตและนำความรู้เดิมมาใช้ ความเข้าใจในระดับการจัดกระทำถูกพัฒนา เป็นระดับกระบวนการ ซึ่งเป็นการอธิบาย เปรียบเทียบ สะท้อนสิ่งที่สังเกตได้จาก ภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอและมีการสร้างความคิดรวบยอดในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นความ เข้าใจในระดับโครงสร้างต่อไป (2) ในการทำกิจกรรม ใบงานและทำแบบทดสอบหลังเรียนใน แต่ละกิจกรรม พบว่า นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับ การจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process)และระดับโครงสร้าง (Structure) และ แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดีเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียนรู้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศราวุฒิ จำวัน (2559, น. 981-988) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่อง พาราโบลาตามแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้โปรแกรม GSP เป็นเครื่องมือ พบว่า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามแนวคิด ทฤษฎี Action-Process-Object-Schema (APOS) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป The Geometer's Sketchpad ในการจัด กิจกรรม

การเรียนรู้ การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกรณีศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 27 คน ใช้กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพาราโบลาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจำนวน 6 กิจกรรมกิจกรรมละ 1 คาบเรียน เครื่องมือในการเก็บ ข้อมูลได้แก่กล้องบันทึกวีดีโอ กล้องบันทึกภาพนิ่ง บันทึกภาคสนาม และใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกับชุด กิจกรรมผ่านโปรแกรม วิเคราะห์ขอมูลภายใต้กรอบทฤษฎี APOS ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนสามารถเรียนรู้และ พัฒนาระดับของความเข้าใจได้ด้วยตนเอง จากระดับ Action ไปสู่ระดับ Process จากระดับ Process ไปสู่ระดับ Object และจากระดับ Object ไปสู่ระดับ Schema ได้อย่างเป็นระบบ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ ชานันท์ ข่าขันมะลี (2559, น. 1126-1138) ศึกษาการศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลวิจัยพบว่า ระดับพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกบรูปเรขาคณิตสองมิติ และสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 เรียงจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ระดับที่ 4 การสังเกตคุณสมบัติ จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 26.92 ระดับที่ 2 การสร้างมโนภาพ ระดับที่ 3 การมีมโนภาพ ระดับที่ 5 การสร้างข้อสรุปเชิงนามธรรม จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 19.23 และระดับที่ 1 ความรู้พื้นฐาน จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 15.38 และผลการสัมภาษณ์ระดับพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ ระดับที่ 4 การสังเกตคุณสมบัติ นักเรียนสังเกตสิ่งที่อยูรอบตัว แล้วอธิบายสิ่งของนั้น ๆ โดยการพิจารณาคุณสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติ ในการมองด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า จากนั้นมีการอธิบายแต่ละส่วนที่เป็น รูปเรขาคณิตสองมิติ แล้วนำมารวมกนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ ระดับที่ 2 การสร้างมโนภาพ ในการสร้างรูปเรขาคณิตจะต้องมีพื้นฐานในการสร้างไม่ว่าจะเป็นจุด เส้นตรง เส้นโค้ง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juan D. Godino (2019, pp. 2069-2084) ได้ศึกษาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ความหมาย และความเข้าใจ วัตถุประสงค์สำหรับการพัฒนาทฤษฎีความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์และเสนอทฤษฎีที่ครอบคลุมยิ่งขึ้นสำหรับการทำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในการต่อยอดจากทฤษฎีที่มีอยู่เดิมเกี่ยวกับวัตถุทางคณิตศาสตร์และความหมายทางคณิตศาสตร์ โดย Godino and Batanero (1994, pp. 1996) พร้อมการหาข้อโต้แย้งว่ามุมมองทางจิตวิทยาที่มีอยู่เกี่ยวกับความเข้าใจ (เน้นที่กระบวนการทางจิตภายใน) จำเป็นต้องได้รับการเติมเต็มด้วยมุมมองทางสังคมวัฒนธรรม มุมมองทางสังคมวัฒนธรรมเน้นที่ความเข้าใจส่วนบุคคลสัมพันธ์กับความหมายทางคณิตศาสตร์ที่ยอมรับกันทั่วไปภายในสาขานั้น ๆ ซึ่งบทความเน้นย้ำถึงความสำคัญของ "ปัญหาสถานการณ์" (บริบทเฉพาะที่นำแนวคิดไปใช้) และ “เครื่องมือสัญลักษณ์” (เครื่องมือและสัญลักษณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์ เช่น แผนภาพหรือสมการ) ในทั้งมิติส่วนบุคคลและมิติสถาบันของกระบวนการทำความเข้าใจ สรุปได้ว่า การเข้าใจคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่เรื่องของกระบวนการภายในสมองเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับวิธีที่ความเข้าใจส่วนบุคคลเชื่อมโยงกับวิธีการที่นักคณิตศาสตร์ใช้และแสดงแนวคิดเหล่านั้น วิธีการผสมผสานนี้พิจารณาถึงทั้งกระบวนการทางจิตของบุคคลและบริบททางสังคมที่กว้างขึ้นของคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงจากการศึกษา พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 4.53 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ ตั้งแต่ 4.51–5.00 มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด $\left(\bar{x} = 4.59, S.D. = 0.63\right)$ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ทั้งนี้เนื่องมาจากความพึงพอใจของนักเรียนที่มีผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนมีความพอใจในระดับมาก ถึงมากที่สุดสำหรับทุกรายการประเมิน ซึ่งแสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มากขึ้น และมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงทำให้ผลการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้น ทั้งนี้ได้สอดคล้องกับการใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ทั้ง 4 ขั้น นั่นคือ ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด นำไปสู่ขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน จนถึงขั้นที่สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ จากที่กล่าวมาทั้ง 4 ขั้นพบว่า ขั้นที่นักเรียนชอบมากที่สุดคือขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด และขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน เพราะ นักเรียนได้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลาย รูปแบบคำตอบที่เป็นไปได้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ราตรี สมรูป (2566, น. 449-464) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิก เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องการนำเสนอข้อมูล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูล 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูลและ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองขาวจังหวัดพิจิตรจำนวน 30 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย

1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูลจำนวน 5 แผน 2) แบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for Dependent Samples) ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเรื่องการนำเสนอข้อมูลมีกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนได้แก่ขั้นการนำเสนอปัญหาด้วยสื่ออินโฟกราฟฟิกขั้นการเรียนรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเองขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดและขั้นสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดและเมื่อนำไปทดลองใช้มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5905 2) ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกโดยรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงศ์พิชญ์ เฮ้าปาน (2563, น. 114-128) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิด วิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับเกณฑ์ ร้อยละ 75 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนซับสมบูรณ์วิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 11 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง ดาวฤกษ์ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัด ความสามารถการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (T-Test For Dependent Samples) 3) แบบวัดความพึงพอใจใช้พื้นฐานหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ดาวฤกษ์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 มีกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการนำเสนอปัญหา ขั้นการเรียนรู้และ แก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอภิปรายผล และขั้นสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดและเมื่อนำไปทดลองใช้มี ประสิทธิภาพเท่ากับ 75.05/75.44 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิด

วิเคราะห์สูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ วิธีการแบบเปิด (Open Approach) โดยรวมอยู่ในระดับมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณนิภา สารสุวรรณ (2563, น. 254-264) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปริมาตร และความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ศึกษาความพึงพอใจของ นักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดของครูผู้สอน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดเกิดการอุดม จังหวัดปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 31 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จากทั้งหมด 4 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีจำนวน 4 แผน ใช้เวลาในการสอน 6 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และ แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด มีลักษณะเป็น แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านครูผู้สอน จำนวน 13 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย ค่า อำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ค่าความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยของเพียร์สัน การทดสอบค่าที (t-test แบบ Dependent Samples) การทดสอบค่าทีกับเกณฑ์ โดยใช้ One Group Pretest-Posttest Design และค่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด มีค่าเป็น 80.59/80.02 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีร้อยละเป็น 79.05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดอยู่ในระดับ “มากที่สุด” สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณพร สุขเกษม (2564, น. 134-150) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้

การสอนแบบเปิด(Open Approach) เพื่อเสริมทักษะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบางเนียง พบว่า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 3) เพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบาง เนียง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบเปิด (Open Approach) ที่เน้นทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาบวก ลบ คูณ และหาร จำนวนนับ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง โจทย์ปัญหาบวก ลบ คูณ และหาร เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ 3) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาบวก ลบ คูณ และหาร 4) แบบวัดความพึงพอใจต่อ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) เพื่อเสริมทักษะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า 1) ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบเปิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ $E_1 / E_2 = 84.11 / 80.40$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบเปิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า มีความก้าวหน้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 11.08 คะแนน หรือร้อยละ 36.93 และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) การเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยวิธีเปิด พบว่า มีความก้าวหน้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.22 คะแนน หรือร้อยละ 35.17 และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 4) ความพึงพอใจโดยรวมต่อกิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์แบบเปิดเพื่อเสริมทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน อยู่ในระดับมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีประสิทธิภาพ 74.58/75.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งหลังจากที่นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีพัฒนาการในด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตาม

กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยพบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ย 7.92 คิดเป็นร้อยละ 52.68 ซึ่งเพิ่มขึ้นเกินครึ่งจากคะแนนก่อนเรียน นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS มีคะแนนเฉลี่ย 15.03 (ร้อยละ 75.13) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงนั้น สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายและส่งเสริมศักยภาพของผู้เรียนในด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมีค่าเฉลี่ย 4.53 อยู่ในระดับมากที่สุด

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 จากผลการวิจัยที่พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ควรประยุกต์ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่น ๆ โดยเน้นวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

5.3.1.2 ครูผู้สอนควรนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ไปใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การทำงานแบบกลุ่ม และความคิดสร้างสรรค์ โดยให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้อภิปรายร่วมกัน และคำนึงถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ที่จะทำให้ตัวผู้เรียนมีความเข้าใจในคณิตศาสตร์ รวมถึงเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มาพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการรู้ให้ประสบความสำเร็จในการเรียนของนักเรียนมากขึ้น ปัจจัยนี้จะเป็นผลนำไปสู่การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ต่อไป

5.3.1.3 จากผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กรอบแนวคิดทฤษฎี APOS และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถนำไปสู่การพัฒนาระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรทบทวนและดึงความรู้เดิมของผู้เรียน เพื่อช่วยให้สามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้กิจกรรมที่มีความหลากหลาย เพื่อเตรียมความพร้อมทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ใหม่ ๆ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงในบริบทที่แตกต่างกัน เช่น ระหว่างนักเรียนสายวิทย์-คณิต กับสายศิลป์-ภาษา หรือเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีและวิธีการสอนแบบอื่น

5.3.2.2 ควรขยายขอบเขตการวิจัยไปยังเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น เช่น ความน่าจะเป็น สถิติ พีชคณิต หรือเรขาคณิต เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ในเนื้อหาเหล่านั้น

5.3.1.3 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งเสริมและเกื้อหนุนความสำเร็จของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เช่น ความพร้อมของครูผู้สอน การมีส่วนร่วมของผู้เรียน บรรยากาศในห้องเรียน ตลอดจนปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมของผู้เรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถขยายผลได้ในวงกว้าง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชกร เป้าสุวรรณ, และคณะ. (2560). ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์. *วารสารวิจัยและพัฒนา*, 10(1), 25–31.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กฤษฎา ขุนอาจ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารครุศาสตร์*, 45(3), 10–25.

กฤษณัย สุวรรณ์, และคณะ. (2559). *แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาแบบเปิดสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ก้องเกียรติ เสนกัลป์. (2563). การพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, 31(2), 269–283.

เกวลี มาหา. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 24(3), 135-151.

เกษรา ศรีเมือง. (2566). ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 17(2), 27–48.

จรัส โพธิ์จันทร์. (2553). ความพึงพอใจในการทำงานของบุคลากรในสังกัดกรมการปกครอง. กรุงเทพฯ: กรมการปกครอง.

จิณห์วรา พิมพ์แสง และพัชรินทร์ สะตะ. (2565). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์ไม่เกิน 10. *วารสารวิจัยการศึกษา*, 19(2), 20–30.

ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2548). *การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้* (น. 225–226). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ชาญณรงค์ เฮียงราช. (2552). *ทฤษฎี Action–Process–Structure (APS): แนวคิดและการประยุกต์ใช้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชานันท์ ข่าขันมะลี. (2559). การศึกษาพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(1), 324–336.

ชาลี เจริญลาภ. (2556). ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 15(3), 10–20.

ทรายทอง พวกสันเทียะ. (2550). *แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ธนยวัฒน์ ไทยเจริญ. (2561). ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการให้บริการของห้องสมุดมหาวิทยาลัย. *วารสารบรรณารักษศาสตร์*, 12(1), 30–38.

ธวัตรชัย เดนชา. (2558). การศึกษาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเรื่องเลขยกกำลังในชั้นเรียนที่ใช้การสอนด้วยวิธีการแบบเปิด. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(1), 1719–1734.

ธันยพร สีเสนาะ. (2564). การเรียนรู้เชิงรุกผ่านสถานการณ์จริงในรายวิชาคณิตศาสตร์. *วารสารครุศาสตร์สาร*, 38(1), 99–112.

ธีรพงษ์ ศรีสุวรรณ. (2560). ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบรรยากาศการเรียนรู้ในห้องเรียน. *วารสารครุศาสตร์*, 44(1), 40–46.

ธีระพล บุณยงค์พันธ์. (2558). การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนในรายวิชาสถิติ. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, 9(2), 50–55.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *การวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประภาส นันทวรสกุล. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อและเทคโนโลยีที่หลากหลายในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์. *วารสารวิชาการครุศาสตร์*, 22(3), 67–78.

ปรัชญา กุยแก้วพะเนา และนวพล นนทภา. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใน *การประชุมวิชาการ และนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 9 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 7.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2553). ความพึงพอใจในการทำงานของพนักงานระดับปฏิบัติการ. *วารสารการบริหารธุรกิจ*, 3(1), 8–14.

ปาริชาติ สังข์ขาว. (2551). การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมพัฒนานักศึกษา. *รายงานการวิจัย*. มหาวิทยาลัยราชภัฏ.

เผชิญ กิจระการ. (2544). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้* (น. 46–51). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศ์พิชญ์ เฮ้าปาน. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องดาวฤกษ์. *วารสารครุศาสตร์*, 45(3), 129–143.

พรทิพย์ เดชพิชัย, และคณะ. (2557). การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Active Learning. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, 7(1), 1–9.

พรรณพร สุขเกษม. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open Approach) เพื่อเสริมทักษะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์,* 43(2), 134–150.

พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2550). *จิตวิทยาการศึกษาและการวัดผล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แม็ค.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2551). *การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิพิธนิตย์, ส. (2560). แนวทางการจัดสถานการณ์ปัญหาในชั้นเรียนคณิตศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 40(2), 45–60.

พิมพ์พันธุ์ ปันแสน. (2556). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาแบบเปิดเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพทูล นารคร. (2549). *การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพทูล นารคร. (2549). ผลของการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ชีวิตจริงที่มีต่อความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์. *วารสารครุศาสตร์,* 18(2), 93–102.

ไพศาล วรคำ. (2565). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล วรคำ. (2565). *สถิติสำหรับการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมษา นวลศรี. (2556). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). *แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีแบบเปิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ยุพาพักตร์ สะเดา. (2555). *แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีแบบเปิดในระดับมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราตรี สมรูป. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 46(2), 57-72.

ราตรี สมรูป. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิจัยทางการศึกษา,* 17(3), 449–464.

โรงเรียนสารคามพิทยาคม. (2567). *ข้อมูลพื้นฐาน.ข้อมูลนักเรียน.* สืบค้นจาก https://www.spk.ac.th/home/

ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2553). *การวัดและประเมินผลด้านจิตพิสัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลัดดา ศิลาน้อย. (2549). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาแบบเปิด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนัชญา เชิงดี. (2555). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาแบบเปิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณนิภา สารสุวรรณ. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา,* 12(3), 254–264.

วรรณนิภา สารสุวรรณ. (2563). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย,* 15(1), 254–264.

วัชราภรณ์ ปราณีธรรม. (2549). *การเรียนรู้แบบสร้างความเข้าใจในคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Shurkry*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิจารณ์ พานิช. (2557). *แนวทางจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างนักคิดในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสถาบันส่งเสริมการจัดการความรู้เพื่อสังคม.

ศราวุฒิ จำวัน. (2559). การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องพาราโบลา ตามแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้โปรแกรม GSP. *วารสารคณิตศาสตร์ศึกษา.* 12(1), 981–988.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 12). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศิริพร แซ่ตัน. (2561). การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารวิจัยการศึกษา*, 13(3), 141–156.

ศุภกิจ ประชุมกาเยาะมาต. (2563). ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องการวัดความยาวและการชั่งของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS. *วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 15(2), 209–304.

ศุภมาศ แก้วมณี. (2561). การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์*, 12(3), 1029–1040.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.

สมถวิล วิจิตรวรรณา. (2543). *การประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *หลักการวัดผลทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุชาติ อิ่มจิตต์. (2551). *การวัดและประเมินผลการศึกษา* (น. 235). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุภมาส อังศุโชติ, และคณะ. (2552). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุวิทย์ มูลคำ, & อรทัย มูลคำ. (2545). *การเรียนรู้และการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนันต์ จันทร์กวี. (2537). *จิตวิทยาการเรียนรู้กับการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุวัติ คูณแก้ว. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาวิชาการ.

อรสา พิบูลย์ไพศาล. (2557). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนการสอน. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, 12(2), 45–50.

อรุณี เทพาคำ. (2562). การสะท้อนคิดและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ*, 24(2), 215–230.

อัครพล พรมตรุษ. (2565). การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 17(1), 61–75.

อัมพร ม้าคนอง. (2547). *การวิเคราะห์ข้อสอบคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Bloom*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2547). *แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี พันธ์มณี. (2546). ปัจจัยจูงใจในการทำงานของบุคลากรในสถานศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำไพ สุจริตกุล. (2549). *การพัฒนาหลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์* (น. 305). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Arnawa, I. M., Yanita, Y., Ginting, M., Yerizon, Y., & Nita, R. (2020). Developing students' positive attitude towards abstract algebra using the APOS theory approach. *Universal Journal of Educational Research*, 8(4), 1503–1515.Ebel, R. L. (1972). *Essentials of educational measurement* (pp. 149–152). Prentice-Hall.

Ausubel, D. P. (1977). *The facilitation of meaningful verbal learning in the classroom*. Holt, Rinehart and Winston.

Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay.

Boaler, J. (1993). The role of contexts in the mathematics classroom: Do they make mathematics more real? *For the Learning of Mathematics, 13*(2), 12–17.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Burry-Stock, J. A., & others. (1996). *Classroom assessment: Principles and practice for effective instruction* (p. 118). New York: Prentice Hall.

Carl Rogers. (1959). *On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy* (p. 14). Houghton Mifflin.

Cinar, S., Erdem, M., & Tas, A. (2020). Automatic scoring model of open-ended questions in physics using machine learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(24), 3821–3844.

Combs, A. W. (1962). *Perceiving, behaving, becoming: A new focus for education* (p. 23). Association for Supervision and Curriculum Development.

Crowley, M. L. (2000). Principles for learning mathematics. In M. L. Crowley (Ed.), *Teaching mathematics in the 21st century* (pp. 1–16). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Daud, N. M., Adnan, M., Nor Abd Aziz, M. I. M., & Embong, E. H. (2019). APOS theory and students' perception toward mathematics. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 28(15), 1529–1543.

Dewey, J. (1952). *Experience and education*. The Macmillan Company.

Dubinsky, E., & McDonald, M. A. (2001). APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research. *In D. Holton (Ed.), The teaching and learning of mathematics at university level* (pp. 273–280). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47231-7_23

Erawun, I. A., Sukestiyarno, Y. L., Mardapi, D., & Rokhman, F. (2021). Students' mathematical understanding using phenomenology through open approach. *International Journal of Instruction*, 14(3), 3215–3222.

Godino, J. D. (2019). Mathematical objects, meaning, and understanding: Toward a theory of understanding in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 102(3), 417–432.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Gravemeijer, K. (1997). Instructional design for reform in mathematics education. *In M. Beishuizen, K. P. E. Gravemeijer, & E. C. D. M. Van Lieshout (Eds.), The role of contexts and models in the development of mathematical strategies and procedures* (pp. 327–345). Freudenthal Institute.

Harris, C. W. (Ed.). (1963). *Problems in measuring change*. University of Wisconsin Press.

Herawaty, D., Widada, W., Handayani, N., Berindo, S., Febrianti, A., & Anggoro, A. F. (2020). Analysis of students' errors on closed set based on APOS theory. *International Journal of Instruction*, 13(4), 1470–1482.

Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 65–97). Macmillan.

Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 1–27). Lawrence Erlbaum Associates.

Hopkins, K. D., & Antes, R. L. (1990). *Educational measurement and evaluation* (7th ed.,) (pp. 231–232). Charles E. Merrill.

Inprasitha, M. (2010). *Mathematics learning management based on Open Approach*. Khon Kaen: Center for Research in Mathematics Education, Khon Kaen University.

Isoda, M. (2015). Open approach in mathematics education. In *Mathematics education and lesson study: Theory and practice in Asian contexts* (pp. 789–802). World Scientific.

Jordan, N. C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B., Irwin, C., & McDonnell, L. (2012). *Number sense interventions for children at risk in mathematics*. Paul H. Brookes Publishing.

Juan D. Godino. (2019). Mathematical concepts, meaning and understanding: Objectives for developing a theory of understanding in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 102(3), 417–432.

Juan D. Godino. (2019). Mathematical concepts, meaning and understanding: Objectives for developing a theory of understanding in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 102(3), 417–432.

Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.

Knowles, M. S. (1980). *The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy* Cambridge Books.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum Associates.

Line, D., & Slinde, J. A. (1997). Issues in the measurement of change. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 16(2), 33–37.

Line, R., & Slinde, J. (1997). The impact of initial scores on gain scores. *Applied Measurement in Education*, 10(2), 538–554.

Line, R., & Slinde, J. (1997). The impact of initial scores on gain scores. *Applied Measurement in Education*, 10(2), 538–554.

Locke, E. A. (1976). *The nature and causes of job satisfaction*. In M. D. Dunnette (Ed.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (pp. 1297–1343). Rand McNally.

Makhanong, C. (2003). *Mathematics understanding for learning effectiveness*. Bangkok: Srinakharinwirot University Press.

Marek, E. A. (1992). *Understanding science through the learning cycle*. Kendall/Hunt Publishing Company.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370–396. https://doi.org/10.1037/h0054346

McLaren, B. M., & Forlizzi, J. (2017). Designing the "Decimal Point" digital learning game to effectively teach decimal numbers. *International Journal of Designs for Learning, 8*(1), 36–47. https://doi.org/10.14434/ijdl.v8i1.21397

Mehrens, W. A., & Lehmann, I. J. (1969). *Measurement and evaluation in education and psychology* (pp. 206–277). Holt, Rinehart and Winston.

Merliss, M., & Daniel, R. (2003). *The power of open-ended problems in mathematics teaching*. Mathematics Education Journal, 7(2), 30–31.

Meyer, D. (2001). Making math meaningful. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 6(5), 239–241.

Meyer, D. (2010). *Math class needs a makeover*. [TED Talk]. https://www.ted.com/talks/dan_meyer_math_class_needs_a_makeover

Morsc, R. N. (1958). *Job satisfaction: Definition and measurement*. Journal of Applied Psychology, 42(1), 27–32.

Mukavhi, L., Brijlall, D., & Abraham, D. (2021). Advancing the APOS theory: The Technoscience Framework. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 15(3), 865–878.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.

Nohda, N. (2000). Teaching by open-approach method in Japanese mathematics classroom. In T. Nakahara & M. Koyama (Eds.), *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, 39–54). Hiroshima, Japan: Hiroshima University.

Nohda, N. (2000). Teaching mathematics through open-approach method in Japanese classroom. In N. Nohda (Ed.), *Teaching mathematics through problem solving: Asian perspectives*. Tokyo: World Scientific.

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 460–469.

Pike, C. D. (1991). *Measuring learning growth: The value of gain scores*. Educational Evaluation and Policy Analysis, 13(1), 18–25.

Pike, G. R. (1991). *Using students' gain scores as measures of teaching effectiveness*. *Research in Higher Education, 32*(1), 89–104.

Pimm, D. (1987). *Speaking mathematically: Communication in mathematics classrooms*. London: Routledge & Kegan Paul.

Pirie, S., & Kieren, T. (1994). Growth in mathematical understanding: How can we characterize it and how can we represent it? *Educational Studies in Mathematics, 26*(2–3), 165–190.

Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Sales-Contini, M. A., Gomes Silva, A. B., Pinto, L. C. M., Sebbe, G. E., Teixeira, M. A. T., Pereira, R. G. V., & Fernandes, L. R. R. (2025). Predictive modeling of waste generation based on mathematical approaches. *Journal of Global Environmental Studies*, 13(2), 188–214.

Salviejo, G. T., et al. (2024). Critical thinking disposition, learning approach and mathematics achievement: A study among pre-service mathematics teachers in the Philippines. *International Journal of Research in Education and Science*, 10(2), 1107–1116.

Saxe, G. B. (1987). The development of mathematical understanding within sociocultural contexts. *Cultural Anthropology, 2*(3), 259–282.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* Macmillan.

Schoenfeld, A. H. (2014). Thoughts on scale. *ZDM Mathematics Education*, 46(3), 323–328. https://doi.org/10.1007/s11858-014-0570-x

Seepiwiwil, S., & Seehamongkon, P. (2023). Enhancing mathematical problem-solving and reasoning abilities through Open Approach. *Asian Journal of Education and Learning*, 9(1), 42–49.

Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sheffield, L. J., & Cruikshank, D. E. (2005). *Teaching and learning mathematics: Pre-kindergarten through middle school*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Shelli, B. (1995). *Psychological satisfaction theory in the learning environment* Learning Press.

Shimizu, Y. (1999). *Aspects of mathematics teacher education in Japan: Focusing on teachers' roles*. Journal of Mathematics Teacher Education, 2(1), 107–116.

Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, *29*(3), 75–80.

Skemp, R. R. (1971). *The psychology of learning mathematics*. Penguin.

Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20–26.

Stoyanova, E., & Ellerton, N. F. (1996). *A framework for research into students' problem posing in school mathematics*. In P. Clarkson (Ed.), *Technology in mathematics education*. Mathematics Education Research Group of Australasia.

Takahashi, A. (2004). *Open-ended problem solving approach in Japanese mathematics classroom*. Tokyo: Japan Society of Mathematical Education.

Tall, D., & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, *12*(2), 151–169.

Tatira, N. (2025). Understanding calculus integration in kinematics through APOS theory. *South African Journal of Education*, 45(2), 1305–1318.

Tejima, S. (1997). *Open-ended approach to mathematics teaching in Japan*. Tokyo: Japan Society of Mathematical Education.

Umam, R., Susandi, A. R., Irfan, M., Bin Awang, M. M., Susanti, E., & Supandi, R. (2024). Identifying students' errors in solving contextual math problems based on APOS theory. *International Journal of Instruction*, 17(1), 10–20.

UNESCO. (2015). *Rethinking education: Towards a global common good?* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Usiskin, Z. (2001). Teachers' mathematics: A theoretical and practical approach. In F.-L. Lin & T. J. Cooney (Eds.), *Making sense of mathematics teacher education* Springer.

Vake, M., Alcantara, L., & Chen, Y. (2025). The rise of open-source LLMs: A data-driven analysis. *Computational Linguistics and AI*, 39(1), 1–18.

Van Hiele, P. M. (1959). The child's thought and geometry. In D. Fuys, D. Geddes, & R. Tischler (Eds.), *English translation of selected writings of Dina van Hiele-Geldof and Pierre van Hiele*. Brooklyn, NY: Brooklyn College.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wallerstein, J. S. (1971). *The satisfaction principle and personal well-being*. Wiley.

Whitney, D. R., & Sabers, D. L. (1976). *Teacher-made tests*. Prentice-Hall.

Widiartana, D. P. (2019). The influence of open-ended learning approach on students' mathematical reasoning ability. *Journal of Mathematics Education*, 10(2), 1–7.

Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1985). *Educational measurement and testing*. Allyn & Bacon.

Willett, J. B. (1997). Measuring change: What statistical tools are appropriate for educational research? *Educational Researcher*, 26(4), 175–181.

Wilson, J. W. (1971). *The structure of mathematical understanding*. Georgia Center for the Study of Learning and Teaching Mathematics.

Wulandari, N. F., Hidayanto, E., Subanji, S., & Rahardi, R. (2019). Mathematical representation of students with cerebral palsy using APOS theory. *Universal Journal of Educational Research*, 7(5), 1227–1241.

Zalman, M., & Usiskin, Z. (2002). *Understanding mathematics for teaching: A model*. The University of Chicago School Mathematics Project.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 28

โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์		รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค32202
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการนับเบื้องต้น		จำนวน 14 ชั่วโมง
เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ (1)		จำนวน 1 ชั่วโมง
ผู้สอน นายสุรศักดิ์ มีศรี		ครูพี่เลี้ยง นางสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

2. ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

3. สาระสำคัญ

กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ ซึ่งมีกฎการคูณ และกฎการบวก โดยกฎการคูณเป็นการทำงานอย่างหนึ่งตั้งแต่เริ่มจนเสร็จงาน มี k ขั้นตอนต่อเนื่องกัน แต่กฎการบวกเป็นการทำงานอย่างหนึ่งมีวิธีทำได้ k แบบแต่ละแบบงานเสร็จโดยไม่ต่อเนื่องกับแบบอื่น

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้(K)

4.1.1 แก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงโดยใช้หลักการบวกได้

4.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ(P)

4.2.1 เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับหลักการบวกกับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้

4.2.2 ให้เหตุผลจากสถานการณ์ในจริงกับหลักการบวกได้

4.2.3 แก้ปัญหาเกี่ยวกับหลักการบวกจากเหตุการณ์ใหม่ ๆ ได้

4.2.4 สื่อสาร สื่อความหมาย นำเสนอเกี่ยวกับหลักการบวกกับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้

4.2.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เกี่ยวกับโจทย์ปัญหาที่พบเจอและนำหลักการบวกไปแก้ไขปัญหาได้

4.3 ด้านคุณลักษณะ(A)

4.3.1 เชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่กับข้อมูลใหม่ ให้เกิดองค์ความรู้ คิดอย่างเป็นระบบ

4.3.2 เชื่อมั่นในตนเอง มีความคิดตามลำดับเหตุผล มีความรอบคอบทำงานอย่างมีหลักการ

4.3.3 สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างรอบคอบ กะทัดรัด ชัดเจน ทำให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และสามารถใช้รูป ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง

4.3.4 มีความมุมานะในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

4.3.5 ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าว เพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

4.4 ค่านิยมหลัก 12 ประการ

4.4.1 ซื่อสัตย์ เสียสละ อดทน มีอุดมการณ์ในสิ่งที่ดีงามเพื่อส่วนรวม

4.4.2 ใฝ่หาความรู้ หมั่นศึกษาเล่าเรียนทั้งทางตรง และทางอ้อม

5. ผลการเรียนรู้

ใช้หลักการบวกในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ในชีวิตจริง

6. สาระการเรียนรู้

หลักการบวก

7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ A P)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ เก่ง-ปานกลาง-อ่อน กลุ่มละ 4-5 คน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา

2. ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ การดำรงชีวิตประจำวันเราอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในแต่ละวัน การกินอาหารแต่ละมื้ออาจแตกต่างกัน อาทิ อาหารตามสั่ง ก๋วยเตี๋ยว

3. ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัญหา เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคำว่ากรณี ขั้นตอน และวิธีการเพื่อนำไปสู่เนื้อหาของหลักการบวก

4. นักเรียนแสดงแนวคิดในเข้าไปในร้านอาหารจะมีวิธีการอย่างไรบ้างในการจะสั่งอาหารตามสั่ง หรือสั่งก๋วยเตี๋ยว โดยแสดงสถานการณ์ที่เป็นไปได้ จากการสั่งอาหารตามสั่ง หรือ ก๋วยเตี๋ยวอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือสถานการณ์ที่พบเจอในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ A P O)

1. นักเรียนทำความเข้าใจกับคำว่า กรณี ขั้นตอน และวิธีการ โดยมีครูอธิบายยกตัวอย่างเอาสถานการณ์จากขั้นที่ 1 ดังนี้

1.1 กรณี คือ ทางเลือกที่แตกต่างกันแต่ว่าทางเลือกนั้นจะจบลงในตัว เช่น เราจะเลือกที่จะรับประทานอาหารตามสั่ง หรือก๋วยเตี๋ยว แต่ไม่ว่าเราจะเลือกอะไรเราก็ได้รับประทานอาหารนั้น ๆ

1.2 ขั้นตอน คือ สิ่งที่ต้องทำเพื่อให้เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นจบลง เช่น การที่เราเลือกรับประทานก๋วยเตี๋ยว เรามีขั้นตอนในการสั่งและเลือก เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้น ได้แก่

เส้นเล็ก เส้นหมี่ เส้นใหญ่ เป็นต้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุป ได้แก่ น้ำตก น้ำใส น้ำต้มยำ เป็นต้น ขั้นตอนที่3 เลือกเครื่อง ได้แก่ ลูกชิ้น หมู เนื้อเปื่อย เป็นต้น

1.3 วิธีการ คือ ทางเลือกที่เกิดขึ้นได้ในขั้นตอนนั้น ๆ เช่น ขั้นตอนที่ 1 เลือกเส้นได้ 3 เส้น ขั้นตอนที่ 2 เลือกน้ำซุปได้ 3 รสชาติ ขั้นตอนที่3 เลือกเครื่องได้ 3 อย่าง

2. นักเรียนศึกษาหลักการนับจำนวนสิ่งของ เหตุการณ์ หรือวิธีการทำงานเช่นนี้ เรียกว่า หลักการบวก (Addition Principle) จากอินเตอร์เน็ต หนังสือ และอื่น ๆ (ภาคผนวก ก)

3. นักเรียนศึกษาหลักการนับจำนวนสิ่งของ เหตุการณ์ หรือวิธีการทำงานเช่นนี้ เรียกว่า หลักการบวก (Addition Principle) ดังนี้

หลักการบวก

ในการทำงานอย่างหนึ่ง ถ้าสามารถแบ่งวิธีการทำงานออกเป็น k กรณี โดยที่

กรณี 1 สามารถทำได้ n_1 วิธี

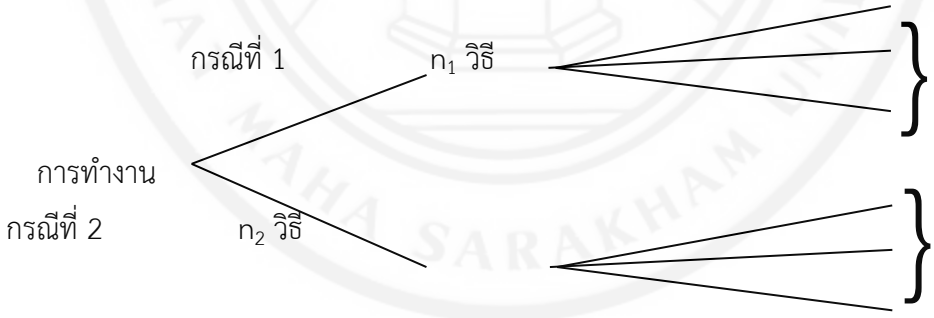
กรณี 2 สามารถทำได้ n_2 วิธี

...

กรณี k สามารถทำได้ n_k วิธี

ซึ่งวิธีการทำงานในทั้ง k กรณีไม่ซ้ำซ้อนกัน และการทำงานในแต่ละกรณีทำให้งานเสร็จสมบูรณ์แล้วจะสามารถทำงานนี้ได้ทั้งหมด $n_1 + n_2 + n_3 + ... + n_k$ วิธี

สามารถอธิบายแนวคิดของหลักการบวกได้ดังแผนภาพ ซึ่งจะเห็นได้ง่ายว่า จำนวนวิธีการทำงาน 2 กรณี เท่ากับ $n_1 + n_2$ วิธี ดังภาพ



ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ A P O S)

1. นักเรียนนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันยกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมา กลุ่มละ 1 เหตุการณ์ แลกเปลี่ยนแนวคิด (Share) กับเพื่อนทั้งชั้นเรียนจากการนำเสนอ จากนั้นนำกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา

2. นักเรียนในชั้นเรียนสรุป อภิปรายและเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับหลักการบวกข้างต้น เช่น หลักการบวกสามารถนำไปใช้นับจำนวนวิธีการทำงาน จำนวนสิ่งของ หรือจำนวนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ โดยแบ่งสิ่งที่ต้องการนับออกเป็นกรณีย่อย ๆ และแต่ละกรณีทำให้งานหรือเหตุการณ์เสร็จสมบูรณ์

ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ A P O S)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำแนวคิดที่เข้าใจมาแลกเปลี่ยนภายในกลุ่ม จากนั้นทำใบกิจกรรมที่ 1 แสดงหาจำนวนวิธีจากสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ในใบกิจกรรมพร้อมนำเสนอ

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ม.5 เล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง2560) ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

8.2 ใบกิจกรรมที่ 1

8.3 สถานการณ์ในชีวิตประจำที่หยิบยกขึ้นมา

8.4 อินเทอร์เน็ต

9. การวัดและประเมินผล

การวัดผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K)	- ตรวจกิจกรรม1	- ใบกิจกรรมที่1	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะและกระบวนการ(P)	- ตรวจกิจกรรม1	- ใบกิจกรรมที่1	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ในระดับ 2 ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลจากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ใช้เกณฑ์ดังนี้

80% ขึ้นไป	หมายถึง	ดีมาก
70 - 79%	หมายถึง	ดี
60 - 69%	หมายถึง	ปานกลาง
50 - 59%	หมายถึง	ผ่าน
ต่ำกว่า 50%	หมายถึง	ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมิน

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	0	1	2	3
ด้านความรู้ (K)	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้	นักเรียนสามารถตอบคำถามได้แต่ไม่ครบประเด็น	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและครบประเด็น	นักเรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ใช้ในชีวิตประจำได้เข้าใจถูกต้อง
ด้านทักษะ (P)	นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีทำหาคำตอบได้	นักเรียสามารถแสดงวิธีทำหาคำตอบได้ไม่ถูกต้อง ไม่เป็นขั้นตอนไม่ชัดเจน	นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำหาคำตอบได้ถูกต้องรายละเอียดครบสมบูรณ์เขียนอย่างเป็นขั้นตอน แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำหาคำตอบได้ถูกต้องรายละเอียดครบสมบูรณ์เขียนอย่างเป็นขั้นตอน และชัดเจน
ด้านจิตพิสัย(A)	ไม่ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบ และส่งงานช้ากว่ากำหนด	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบเป็นบางครั้ง ส่งงานช้ากว่ากำหนด	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบเป็นบางครั้ง ส่งงานช้ากว่ากำหนดเล็กน้อยและมีเหตุที่พอรับฟังได้	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบอย่างสม่ำเสมอ ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย

เกณฑ์การประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ผู้รับประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	A (การกระทำ)	P (กระบวนการ)	O (วัตถุ)	S (ภาพทางปัญญา)
1	ทำตามขั้นตอนที่	เริ่มเข้าใจแนวคิด	เห็นแนวคิดเป็นสิ่งที่	เข้าใจเชื่อมโยง
2	กำหนดแบบยังไม่	ทำซ้ำจนคิดในใจได้	จับต้องได้ ใช้อธิบาย	แนวคิด ใช้แก้ปัญหา
3	เข้าใจลึกซึ้งได้	อย่างชัดเชน	หรือสร้างแนวคิดใหม่	ซับซ้อนได้
4	ถูกต้องทุกข้อ		ได้	

เครื่องมือวัด

แบบสังเกตการส่งงาน

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย / ลงในช่องรายการสังเกตพฤติกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย				สรุปผลการประเมิน	
		0	1	2	3	ผ่าน	ไม่ผ่าน

แปลผล

ดีมาก หมายถึง นักเรียนได้รับคะแนน 3 คะแนน

ดี หมายถึง นักเรียนได้รับคะแนน 2 คะแนน

พอใช้ หมายถึง นักเรียนได้รับคะแนน 1 คะแนน

ปรับปรุง หมายถึง นักเรียนได้รับคะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

ผ่านเกณฑ์การประเมิน หมายถึง นักเรียนได้คะแนนระหว่าง 2-3 คะแนน

ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน หมายถึง นักเรียนได้คะแนนระหว่าง 0-1 คะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมทางการเรียนการสอน

เลขที่	ชื่อ-สกุลของ ผู้รับการประเมิน	ทำงานอย่างเป็นระบบ	ความรอบคอบ	ความตั้งใจเรียน	ความรับผิดชอบ	การให้ความร่วมมือ	รวม
		4	4	4	4	4	20

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติเป็นประจำ ให้ 4 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
18-20	ดีมาก
13-17	ดี
8-12	ปานกลาง
5-7	ปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่.....สมาชิกในกลุ่ม.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

พฤติกรรมที่สังเกต	คะแนน			
	4	3	2	1
1. การมีส่วนร่วมในการวางแผน				
2. การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่				
3. การให้ความร่วมมือในการทำงาน				
4. การแสดงความคิดเห็น				
5. การยอมรับความคิดเห็น				
รวม				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสุรศักดิ์ มีศรี)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติเป็นประจำ ให้ 4 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
18-20	ดีมาก
13-17	ดี
8-12	ปานกลาง
5-7	ปรับปรุง

10. บันทึกผลหลังสอน

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขและผลการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

10.4 ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสุรศักดิ์ มีศรี)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์)

ครูพี่เลี้ยง

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารโรงเรียน.

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายสุรพงษ์ ศรีเศรษฐา)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารโรงเรียน

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายทรงศักดิ์ ชาวไพร)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม

ใบงานที่ 1

เรื่อง หลักการบวก

ชื่อกลุ่ม .....

สมาชิกในกลุ่ม 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดในแต่ละข้อต่อไปนี้

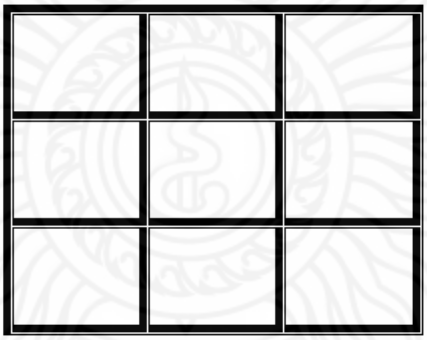
1. ในการเดินทางจากเมืองแห่งหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง ถ้าเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง B สามารถเดินทางได้ดังนี้ ทางถนน 4 เส้น ทางลำคลอง 3 เส้นทาง และทางอากาศ 1 เส้นทาง จะมีเส้นทางจากเมือง A ไปยังเมือง B ได้ทั้งหมดกี่เส้นทาง (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O)

2. นักเรียนคนหนึ่งมีเสื้อและกางเกงสำหรับสวมไปเที่ยวอยู่ 3 ตัว และ 2 ตัว ตามลำดับ เขาจะสวมเสื้อและกางเกงไปเที่ยวเป็นชุดต่างกันได้ทั้งหมดกี่วิธี (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O)

3. มีถนนจากกรุงเทพฯ ถึง ลพบุรี 2 สาย และมีถนนจากลพบุรี ถึง นครราชสีมาอยู่ 3 สายถ้าจะขับรถยนต์จากกรุงเทพฯ ถึงนครราชสีมา โดยขับผ่านลพบุรี จะใช้เส้นทางได้ทั้งหมดกี่เส้นทางและเขียนแผนภาพแสดงการเดินทางเพื่อหาคำตอบ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)

4. ถ้าโยนเหรียญบาท 1 เหรียญ 3 ครั้ง จะได้ผลต่าง ๆ กันทั้งหมดกี่วิธี อะไรบ้าง เขียนแผนภาพแสดง (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)

5. ให้นักเรียนพิจารณาภาพดังต่อไปนี้ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)



จากภาพข้างต้น ให้นักเรียนสร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นไปได้พร้อมหาคำตอบที่ถูกต้อง

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง หลักการบวก

เฉลย

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. ในการเดินทางจากเมืองแห่งหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง ถ้าเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง B สามารถเดินทางได้ดังนี้ ทางถนน 4 เส้น ทางลำคลอง 3 เส้นทาง และทางอากาศ 1 เส้นทาง จะมีเส้นทางจากเมือง A ไปยังเมือง B ได้ทั้งหมดกี่เส้นทาง

<u>วิธีทำ</u>

กรณี 1 ทางถนน ขั้นตอน เดินทาง 4 เส้นทาง

กรณี 2 ทางลำคลอง ขั้นตอน เดินทาง 3 เส้นทาง

กรณี 3 ทางอากาศ ขั้นตอน ดินทาง 1 เส้นทาง

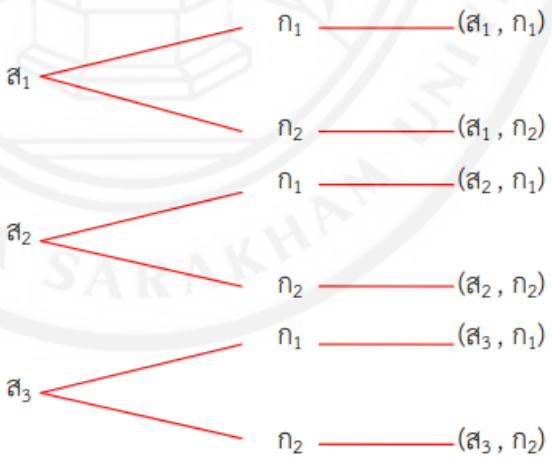
รวมการเดินทางจากเมือง ไปยังเมือง ทั้งหมด $4+3+1=8$ เส้นทาง

2. นักเรียนคนหนึ่งมีเสื้อและกางเกงสำหรับสวมไปเที่ยวอยู่ 3 ตัว และ 2 ตัว ตามลำดับ เขาจะสวมเสื้อและกางเกงไปเที่ยวเป็นชุดต่างกันได้ทั้งหมดกี่วิธี

<u>วิธีทำ</u>

นักเรียนคนนี้มีเสื้อใส่อยู่ 3 ตัว และเสื้อแต่ละตัวใส่กับกางเกงได้ 2 ตัว ใช้แผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram) ดังนี้

ให้ ส แทน เสื้อ และ ก แทน กางเกง



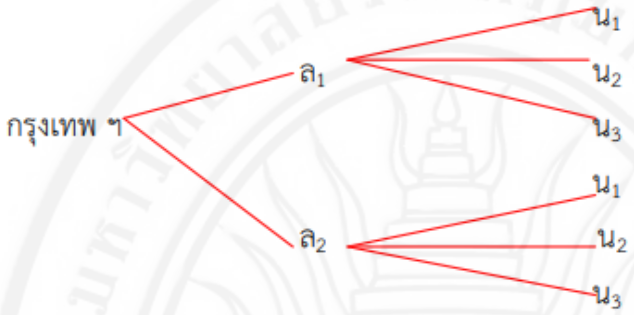
จะเห็นว่า สามารถแต่งกายได้ทั้งหมด 6 ชุด

3. มีถนนจากกรุงเทพฯ ถึง ลพบุรี 2 สาย และมีถนนจากลพบุรี ถึง นครราชสีมาอยู่ 3 สายถ้าจะขับรถยนต์จากกรุงเทพฯ ถึงนครราชสีมา โดยขับผ่านลพบุรี จะใช้เส้นทางได้ทั้งหมดกี่เส้นทางและเขียนแผนภาพแสดงการเดินทางเพื่อหาคำตอบ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)

วิธีทำ

จำนวนวิธีที่จะขับรถจากกรุงเทพฯ ถึงลพบุรี ได้ 2 วิธี, จากลพบุรีไปนครราชสีมา ได้ 3 วิธี เขียนแผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram) ดังนี้

ให้ ล แทน ลพบุรี และ น แทน นครราชสีมา

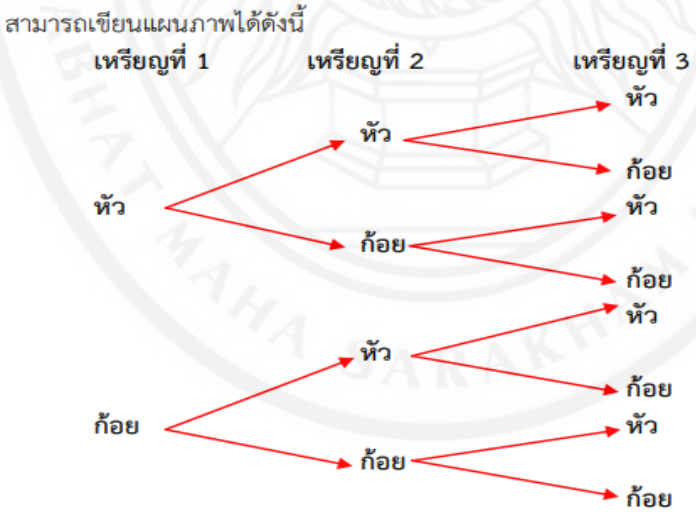


จะเห็นว่า สามารถเลือกเส้นทางจากกรุงเทพฯ ถึงนครราชสีมา โดยผ่านลพบุรีได้ทั้งหมด 6 วิธี

4. ถ้าโยนเหรียญบาท 1 เหรียญ 3 ครั้ง จะได้ผลต่าง ๆ กันทั้งหมดกี่วิธี อะไรบ้างเขียนแผนภาพแสดงวิธีการ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)

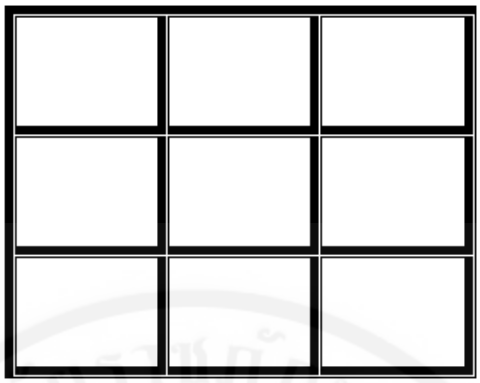
วิธีทำ

สามารถเขียนแผนภาพได้ดังนี้



ดังนั้นจะได้จำนวนวิธีทั้งหมด 8 วิธี คือ HHH, HHT, HTH, HTT, THH, THT, TTH, TTT

5. ให้นักเรียนพิจารณาภาพดังต่อไปนี้ (ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ระดับ A P O S)



จากภาพข้างต้น ให้นักเรียนสร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นไปได้พร้อมหาคำตอบที่ถูกต้อง

วิธีทำ

แนวคำตอบ สมคิดนำกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่แต่ละด้านยาว 1 หน่วย จำนวน 9 แผ่น มาเรียงชิดติดกันดังรูป การเรียงจดกันข้างต้นของกระเบื้องจงหาว่าจะมีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทั้งหมดกี่รูป

กรณี 1 รูปสี่เหลี่ยม 1×1 ขั้นตอน สี่เหลี่ยมจัตุรัส 9 รูป

กรณี 2 รูปสี่เหลี่ยม 2×2 ขั้นตอน สี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 รูป

กรณี 3 รูปสี่เหลี่ยม 3×3 ขั้นตอน สี่เหลี่ยมจัตุรัส 1 รูป

รวมสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีทั้งหมด $9+4+1=14$ รูป

แบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค32201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 15 ชั่วโมง

แบบทดสอบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ 20 คะแนน เวลา 1 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้ /ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ ในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้ มี 2 ตอน จำนวน 10 ข้อ

2. โปรดตอบคำถามหรือแสดงแนวคิดให้ได้มากที่สุดเท่าที่ทำได้อย่างเต็มความสามารถ

3. ถ้ามีข้อใดให้ “แสดงแนวคิดอย่างละเอียด” ถ้าพื้นที่ไม่พอให้ทำต่อด้านหลังได้ (อาจมีภาพวาด หรือสัญลักษณ์ หรืออื่น ๆ เขียนประกอบได้) ถ้าหากมีปัญหาใด ๆ หรือยังไม่เข้าใจในคำถามโปรดถามครู

ตอนที่ 1 แสดงแนวคิดอย่างละเอียว (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ AP)

1. สุธีย์ราต้องการเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการอะไรและ สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A)

---

2. พิจารณาคำว่า CLOUD ถ้านำตัวอักษรจำนวน 3 ตัว มาจัดเรียงเป็นคำใหม่โดยไม่คำนึงถึงความหมาย ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะจัดเรียงแตกต่างกันได้ทั้งหมดกี่คำ (A)

3. ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะมีวิธีที่แตกต่างกันกี่วิธีถ้าจะจัดชาย 4 คน หญิง 3 คน นั่งเก้าอี้ซึ่งเรียงเป็นแถวตรง 7 ตัว โดยที่ ชายและหญิงต้องนั่งสลับกัน (AP)

4. ถ้าจะจัดคน 5 คน ยืนเป็นแถวเพื่อถ่ายรูปแตกต่างกันทั้งหมด 325 วิธี โดยจะถ่ายทีละกี่คนก็ได้ ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง (AP)

5. มีหนังสือคณิตศาสตร์ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาอังกฤษ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาไทย 3 เล่มเหมือนกัน นำมาจัดเรียงเป็นแถวโดยมีเงื่อนไขว่า หนังสือภาษาไทยต้องอยู่ติดกันทั้งหมด จะมีวิธีที่นำหนังสือทั้ง 11 เล่มมาเรียงเป็นแถวได้แตกต่างกันกี่วิธี (APO)

ตอนที่ 2 ให้แสดงแนวคิดอย่างละเอียด (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ APOS)

1. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งใน 6 คนนี้มีฝาแฝดหนึ่งคู่รวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงแนวคิดพร้อมวาดภาพประกอบ (APO)

2. มีครอบครัวครัว 4 ครอบครัว ซึ่งแต่ละครอบครัวประกอบด้วย พ่อ แม่ และลูก 2 คน ถ้าทั้ง 4 ครอบครัวมานั่งล้อมรอบโต๊ะกลม เมื่อสมาชิกในครอบครัวเดียวกันนั่งติดกัน และพ่อแม่นั่งติดกันเสมอ จงแสดงแนวคิดหาวิธีการนั่งที่แตกต่างกันกี่วิธี (APO)

3.นักเรียนชั้น ม.4 ห้องหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ถ้าต้องการเลือกนักเรียน 4 คน เพื่อเป็นกรรรมการห้องโดยมีคนหนึ่งในสี่คนนี้เป็นหัวหน้าห้อง จะมีวิธีเลือกทั้งหมดกี่วิธี จงแสดงแนวคิดในสถานการณ์ข้างต้น (APOS)

4. ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์ โดดยใช้หลักการจักหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหา (APOS)

5. จากทฤษฎีบททวินาม ในการหาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปลโดยสามเหลี่ยมปาสคาล ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ พร้อมหาคำตอบ (APOS)

เฉลยแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ **รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค32201**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2566**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการนับเบื้องต้น **จำนวน 15 ชั่วโมง**

แบบทดสอบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ 20 คะแนน เวลา 1 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้ /ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ ในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้ มี 2 ตอน จำนวน 10 ข้อ

2. โปรดตอบคำถามหรือแสดงแนวคิดให้ได้มากที่สุดเท่าที่ทำได้อย่างเต็มความสามารถ

3. ถ้ามีข้อใดให้ “แสดงแนวคิดอย่างละเอียด” ถ้าพื้นที่ไม่พอให้ทำต่อด้านหลังได้ (อาจมีภาพวาด หรือสัญลักษณ์ หรืออื่น ๆ เขียนประกอบได้) ถ้าหากมีปัญหาใด ๆ หรือยังไม่เข้าใจในคำถาม โปรดถามครู

ตอนที่ 1 แสดงแนวคิดอย่างละเอียด (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ AP)

1. สุธีย์ราต้องการเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการอะไรและ สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A)

ตอบ โดยหลักการบวก สุธีย์ราเดินทางได้ทั้งหมด 8 วิธี

วิธีทำ กรณี เดินทางด้วยเรือ ทั้งหมด 5 วิธี

กรณี เดินทางด้วยรถยนต์ ทั้งหมด 3 วธี

ดังนั้น โดยหลักการบวก จะได้ว่า สุธีย์ราเดินทางด้วยเส้นทางต่าง ๆ ได้ ทั้งหมด 8 วิธี

2. พิจารณาคำว่า CLOUD ถ้านำตัวอักษรจำนวน 3 ตัว มาจัดเรียงเป็นคำใหม่โดยไม่คำนึงถึงความหมาย ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะจัดเรียงแตกต่างกันได้ทั้งหมดกี่คำ (A)

ตอบ โดยหลักการคูณ จัดเรียงแตกต่างกันได้ทั้งหมด 60 คำ

วิธีทำ ขั้นตอน 1 เลือกลงตำแหน่งที่ 1 สามารถเลือกตัวอักษรได้ทั้งหมด 5 วิธี

ขั้นตอน 1 เลือกลงตำแหน่งที่ 2 สามารถเลือกตัวอักษรได้ทั้งหมด 4 วิธี

ขั้นตอน 1 เลือกลงตำแหน่งที่ 3 สามารถเลือกตัวอักษรได้ทั้งหมด 3 วิธี

ดังนั้น โดยหลักการคูณ จะได้ว่า จัดเรียงตัวอักษรได้แตกต่างกัน $5\times4\times3=60$ คำ

3. ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะมีวิธีที่แตกต่างกันกี่วิธีถ้าจะจัดชาย 4 คน หญิง 3 คน นั่งเก้าอี้ซึ่งเรียงเป็นแถวตรง 7 ตัว โดยที่ ชายและหญิงต้องนั่งสลับกัน (AP)

ตอบ โดยหลักการคูณและแฟกทอเรียล วิธีที่แตกต่างกันได้ทั้งหมด 144 แบบ

วิธีทำ จัดผู้ชายเรียงกันเป็นเส้นตรง ได้ทั้งหมด $4!=4\times3\times2\times1=24$ แบบ

จัดผู้หญิงแทรกผู้ชายได้ $3!=3\times2\times1=6$ แบบ

ดังนั้น จัดเรียงชายและหญิงต้องนั่งสลับกัน $4!\times3!=24\times6=144$ แบบ

4. ถ้าจะจัดคน 5 คน ยืนเป็นแถวเพื่อถ่ายรูปแตกต่างกันทั้งหมด 325 วิธี โดยจะถ่ายทีละกี่คนก็ได้ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง (AP)

ตอบ ถ่ายรูปทีละ 4 คน มีวิธีที่แตกต่างกัน 120 วิธี

วิธีทำ กรณี ถ่ายรูปทีละคน มีวิธีที่แตกต่างกัน $P_{5,1}=\dfrac{5!}{(5-1)!}=5$ วิธี

กรณี ถ่ายรูปทีละ 2 คน มีวิธีที่แตกต่างกัน $P_{5,2}=\dfrac{5!}{(5-2)!}=20$ วิธี

กรณี ถ่ายรูปทีละ 3 คน มีวิธีที่แตกต่างกัน $P_{5,3}=\dfrac{5!}{(5-3)!}=60$ วิธี

กรณี ถ่ายรูปทีละ 4 คน มีวิธีที่แตกต่างกัน $P_{5,4}=\dfrac{5!}{(5-4)!}=120$ วิธี

กรณี ถ่ายรูปทีละ 5 คน มีวิธีที่แตกต่างกัน $P_{5,5}=\dfrac{5!}{(5-5)!}=120$ วิธี

ดังนั้น คน 5 คน ยืนเป็นแถวเพื่อถ่ายรูปแตกต่างกันทั้งหมด $5+20+60+120+120=325$ วิธี

5. มีหนังสือคณิตศาสตร์ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาอังกฤษ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาไทย 3 เล่มเหมือนกัน นำมาจัดเรียงเป็นแถวโดยมีเงื่อนไขว่า หนังสือภาษาไทยต้องอยู่ติดกันทั้งหมด จะมีวิธีที่นำหนังสือทั้ง 11 เล่มมาเรียงเป็นแถวได้แตกต่างกันกี่วิธี (AP)

ตอบ นำหนังสือทั้ง 11 เล่มจัดเรียงเป็นแถวได้แตกต่างกัน 360 วิธี

วิธีทำ พิจารณาหนังสือภาษาไทย 3 เล่ม ที่ ติดกันเสมอ มองว่ามีหนังสือภาษาไทย 1 เล่ม

ดังนั้นมีหนังสือรวมกันทั้งหมด 9 เล่ม

จะได้ว่า วิธีที่จะนำหนังสือทั้ง 11 เล่ม มาเรียงได้แตกต่างกัน $\frac{9!}{4!4!1!}=360$ วิธี

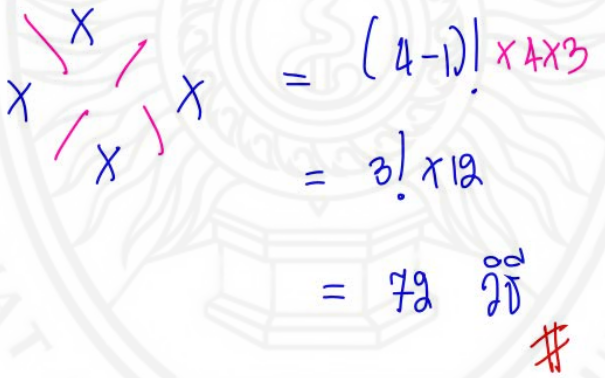
ตอนที่ 2 ให้แสดงแนวคิดอย่างละเอียด (ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ APOS)

1. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งใน 6 คนนี้มีฝาแฝดหนึ่งคู่รวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงแนวคิดพร้อมวาดภาพประกอบ (APO)

วิธีทำ จากคนทั้งหมด 6 คน นำ 4 คนไม่รวมฝาแฝดคู่นั้น มานั่งเป็นวงกลมได้ $(4-1)!=3!=6$ วิธี

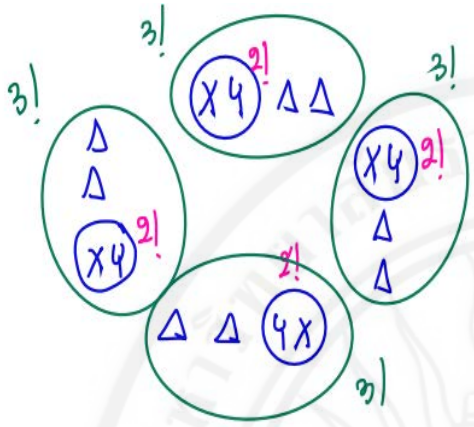
จากนั้นนำแฝดคนที่ 1 มาแทรก 4 คนที่นั่ง จะได้ 4 วิธี

และนำแฝดคนที่ 2 มาแทรกโดยห้ามแทรกที่เดียวกันกับแฝดคนแรก ได้ 3 วิธี ดังภาพ



2. มีครอบครัวครัว 4 ครอบครัว ซึ่งแต่ละครอบครัวประกอบด้วย พ่อ แม่ และลูก 2 คน ถ้าทั้ง 4 ครอบครัวมานั่งล้อมรอบโต๊ะกลม เมื่อสมาชิกในครอบครัวเดียวกันนั่งติดกัน และพ่อแม่นั่งติดกันเสมอ จงแสดงแนวคิดหาวิธีการนั่งที่แตกต่างกันกี่วิธี (APO)

วิธีทำ รวมแต่ละครอบครัวเป็นครอบครัวละ 1 วงกลม ภายในรวมพ่อกับแม่เป็น 1 วงกลม ดังนี้



$= (4-1)!\,(2!)^4\,(3!)^4$ วิธี #

3. นักเรียนชั้น ม.4 ห้องหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ถ้าต้องการเลือกนักเรียน 4 คน เพื่อเป็นกรรมการห้องโดยมีคนหนึ่งในสี่คนนี้เป็นหัวหน้าห้อง จะมีวิธีเลือกทั้งหมดกี่วิธี จงแสดงแนวคิดในสถานการณ์ข้างต้น (APOS)

วิธีทำ โดยใช้หลักหารจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันและหลักการคูณ

เลือกหัวหน้า → เลือกคนที่เหลืออีก 3 คน

$\binom{24}{1}$ $\binom{23}{3}$

∴ โดยหลักการคูณ $= \binom{24}{1}\binom{23}{3}$

$= 42,504$ วิธี #

4. ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์ โดดยใช้หลักการจักหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหา (APOS)

แนวคำตอบมีได้หลากหลาย

สถานการณ์ 1 ในงานเลี้ยงหนึ่งมีคน 20 คน ถ้าคนสองคนใด ๆ จับมือกันหนึ่งครั้ง จะมีวิธีการจับมือกันทั้งหมดกี่ครั้ง

วิธีทำ

$$\binom{20}{2} = \frac{20!}{18!2!} = \frac{20\times 19}{2} = 190 \text{ ครั้ง}$$

สถานการณ์ 2 ต้องการเลือกนักเรียง 5 คน จากนักเรียน 12 คน จะมีวิธีเลือกได้กี่วิธี

วิธีทำ

$$\binom{10}{3} = \frac{10!}{7!3!} = 120 \text{ วิธี}$$

สถานการณ์ 2 มีทีมฟุตบอล 10 ทีม ซึ่งจะทำการแข่งขันแบบพบกันหมด และสองทีมใด ๆ จะแข่งขันกันเพียงหนึ่งครั้งจะต้องจัดการแข่งขันทั้งหมดกี่หน้า

วิธีทำ

$$\binom{10}{2} = \frac{10!}{8!2!} = 45 \text{ คู่}$$

สถานการณ์ 4 นักเรียนห้องหนึ่งมีนักเรียนชาย 30 คน และนักเรียนหญิง 12 คน จงหาวิธีการที่จะเลือกกกรรมการ 3 คน

$$\binom{42}{3} = \frac{42!}{39!3!} = \frac{42 \times 41 \times 40}{3 \times 2 \times 1} = 11480 \text{ วิธี}$$

5. จากทฤษฎีบททวินาม ในการหาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปลโดยสามเหลี่ยมปาสคาล ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ พร้อมหาคำตอบ (APOS)

แนวคำตอบมีได้หลากหลาย ตัวอย่างเช่น

สถานการณ์ 1 นายณัฐมีเพื่อน 4 คน เขาต้องการชวนเพื่อนไปดูหนังได้กี่วิธี ถ้าต้องชวนเพื่ออย่างน้อย 1 คน

วิธีทำ มีวิธีการชวนเพื่อน 4 คน ดังนี้

$$= \binom{4}{0} + \binom{4}{1} + \binom{4}{2} + \binom{4}{3} + \binom{4}{4} = 2^4 = 16 \text{ วิธี}$$

จำนวนวิธีที่ไม่ชวนเพื่อนเลยสักคนไปดูหนัง คือ $\binom{4}{0} = 1$ วิธี

ดังนั้น เขาต้องการชวนเพื่อนไปดูหนังอย่างน้อย 1 คน $16 - 1 = 15$ วิธี

แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างตามความคิดเห็นของท่าน และแสดงความคิดเห็นในส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

ระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ

เหมาะสมมากที่สุด ให้ 5 คะแนน
เหมาะสมมาก ให้ 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง ให้ 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย ให้ 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน

ตารางที่ ก.1 รายการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลครบถ้วน					
จุดประสงค์การเรียนรู้					
1. มีความครอบคลุมในด้านความรู้ ทักษะคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
2. มีความชัดเจน					
3. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน					
4. จุดประสงค์มีความ เหมาะสมกับเวลา					
สาระการเรียนรู้					
1. มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
2. มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					

(ต่อ)

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
3. มีการจัดลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม					
4. มีความถูกต้องและชัดเจน					
5. มีความเหมาะสมกับเวลาสามารถนำไปสอนได้จริง					
กิจกรรมการเรียนรู้					
1. นำเสนอปัญหาปลายเปิด					
2. สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง					
3. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน					
4. สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ					
สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้					
1. มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
2. มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
3. สื่อการเรียนการสอนเร้า ความสนใจของผู้เรียนเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน					
ด้านการวัดผลและประเมินผล					
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
3. ส่งเสริมการวัดความรู้ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
4. การวัดผลที่ระบุสามารถประเมินได้ใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสม					
5. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินคุณภาพของแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์
เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้ว่าตรงตามกรอบเนื้อหา เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หรือไม่พร้อมทั้งเสนอข้อคิดเห็นเพิ่มเติม โดย ทำเครื่องหมาย √ ในช่อง +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับมาตรฐานตัวชี้วัด

ทำเครื่องหมาย √ ในช่อง 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับมาตรฐานตัวชี้วัด

ทำเครื่องหมาย √ ในช่อง -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นไม่สอดคล้องกับมาตรฐานตัวชี้วัด

กิจกรรมการเรียนรู้	เกณฑ์การประเมิน			
	A (การกระทำ)	P (กระบวนการ)	O (วัตถุ)	S (ภาพทางปัญญา)
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง	นักเรียนสามารถทำงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานประจำ	นักเรียนสามารถเลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและครบประเด็นจากสิ่งที่ได้เรียนรู้	สามารถนำไปใช้สร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้

ตารางที่ ก.2 รายการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	แบบทดสอบสมรถนะทางคณิตศาสตร์	คะแนนพิจารณา		
				+1	0	-1
สาระที่ 3 สาระสถิติและความน่าจะเป็น ค 3.1 ใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้	ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับ ความน่าจะเป็นไปใช้	ระดับ A (การกระทำ)	1. สุธีย์ราต้องการเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการอะไร และ สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A)			
			2. พิจารณาคำว่า CLOUD ถ้านำตัวอักษรจำนวน 3 ตัว มาจัดเรียงเป็นคำใหม่โดยไม่คำนึงถึงความหมาย ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะจัดเรียงแตกต่างกันได้ทั้งหมดกี่คำ (A)			
		ระดับ A (การกระทำ) ระดับ P (กระบวนการ)	3. ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะมีวิธีที่แตกต่างกันกี่วิธีถ้าจะจัดชาย 4 คน หญิง 3 คน นั่งเก้าอี้ซึ่งเรียงเป็นแถวตรง 7 ตัว โดยที่ ชายและหญิงต้องนั่งสลับกัน (AP)			
			4. ถ้าจะจัดคน 5 คน ยืนเป็นแถวเพื่อถ่ายรูปแตกต่างกันทั้งหมด 325 วิธี โดยจะถ่ายทีละกี่คนก็ได้ ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง (AP)			

(ต่อ)

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	แบบทดสอบสมรถนะทางคณิตศาสตร์	คะแนนพิจารณา		
				+1	0	-1
สาระที่ 3 สาระสถิติและความน่าจะเป็น ค 3.1 ใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้	ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับ ความน่าจะเป็นไปใช้	ระดับ A (การกระทำ) ระดับ P (กระบวนการ) ระดับ O (วัตถุ)	5. มีหนังสือคณิตศาสตร์ 4 เล่ม เหมือนกัน หนังสือภาษาอังกฤษ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาไทย 3 เล่มเหมือนกัน นำมาจัดเรียงเป็นแถวโดยมีเงื่อนไขว่า หนังสือภาษาไทยต้องอยู่ติดกันทั้งหมด จะมีวิธีที่นำหนังสือทั้ง 11 เล่มมาเรียงเป็นแถวได้แตกต่างกันกี่วิธี (APO)			
			6. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งใน 6 คนนี้มีฝาแฝดหนึ่งคู่รวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงแนวคิดพร้อมวาดภาพประกอบ (APO)			
			7. มีครอบครัวครัว 4 ครอบครัว ซึ่งแต่ละครอบครัวประกอบด้วย พ่อ แม่ และลูก 2 คน ถ้าทั้ง 4 ครอบครัวมานั่งล้อมรอบโต๊ะกลม เมื่อสมาชิกในครอบครัวเดียวกันนั่งติดกัน และพ่อแม่นั่งติดกันเสมอ จงแสดงแนวคิดหาวิธีการนั่งที่แตกต่างกันกี่วิธี (APO)			

(ต่อ)

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	แบบทดสอบสมรถนะทางคณิตศาสตร์	คะแนนพิจารณา		
				+1	0	-1
สาระที่ 3 สาระสถิติและความน่าจะเป็น ค 3.1 ใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้	ม.5/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา ม.5/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับ ความน่าจะเป็นไปใช้คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ระดับ A (การกระทำ) ระดับ P (กระบวนการ) ระดับ O (วัตถุ) ระดับ S (ภาพทางปัญญา)	8.นักเรียนชั้น ม.4 ห้องหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ถ้าต้องการเลือกนักเรียน 4 คน เพื่อเป็นกรรรมการห้องโดยมีคนหนึ่งในสี่คนนี้เป็นหัวหน้าห้อง จะมีวิธีเลือกทั้งหมดกี่วิธี จงแสดงแนวคิดในสถานการณ์ข้างต้น (APOS)			
			9. ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์โดดยใช้หลักการจักหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหา (APOS)			
			10. จากทฤษฎีบททวินาม ในการหาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปลโดยสามเหลี่ยมปาสคาล ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ พร้อมหาคำตอบ (APOS)			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อของแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียน มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เครื่องหมายลงในช่องคะแนน ตามความคิดเห็นของท่าน

ใช้เครื่องหมาย ✔ ในช่อง +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้อง

ใช้เครื่องหมาย ✔ ในช่อง 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้อง

ใช้เครื่องหมาย ✔ ในช่อง -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้อง

ข้อที่	ข้อความ	คะแนนพิจารณา		
		+1	0	-1
การจัดการเรียนรู้				
1	นักเรียนนักเรียนรู้สึกพึงพอใจที่ได้ทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จ			
2	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด			
3	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง			
4	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน			
5	นักเรียนชอบกิจกรรมขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ			
6	นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach)			
7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ด้านเนื้อหา วัย และจุดประสงค์การเรียนรู้			
8	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องมีความพร้อมและกระตือรือร้นอยู่เสมอ			
9	สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน			
10	นักเรียนเลือกใช้ข้อมูลที่ค้นคว้าหาข้อมูลผ่านกระบวนการอภิปรายแนวคิดกับเพื่อน ๆ และทางเทคโนโลยีในการทำกิจกรรมได้ดี			

ข้อที่	ข้อความ	คะแนนพิจารณา		
		+1	0	-1
11	นักเรียนชอบที่ได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหานอกหนังสือเรียน			
12	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในด้านเวลา			
ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้				
13	นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดีและทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง			
14	นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากเรื่องที่ได้เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง			
15	นักเรียนชอบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมแนวคิดกับการคิดแก้ปัญหาของตนเอง			
16	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความกล้าแสดงออกของนักเรียนมากขึ้น			
17	นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูมากขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง			
18	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้			
19	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงและบูรณาการได้ในศาสตร์สาขาวิชาที่หลากหลาย			
20	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายเพิ่มากขึ้น			
21	ทำให้นักเรียนมีวินัยและใฝ่เรียนรู้ในการทำงานจนสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ			
22	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนรู้สึกมีความสุขและไม่มีความกังวลกับการเรียน			
23	นักเรียนเกิดความรักความสามัคคีภายในกลุ่มจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง			

ข้อเสนอแนะ

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านให้ความอนุเคราะห์

นายสุรศักดิ์ มีศรี



ภาคผนวก ข

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางการประเมินความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ข.1 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลครบถ้วน	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. มีความครอบคลุมในด้านความรู้ ทักษะ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 2. มีความชัดเจน 3. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน 4. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	4.75	5	4.75	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
สาระการเรียนรู้ 1. มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2. มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน 3. มีการจัดลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม 4. มีความถูกต้องและชัดเจน 5. มีความเหมาะสมกับเวลาสามารถนำไปสอนได้จริง	5	4	4	4	4.75	4.75	เหมาะสมมากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ขั้นที่ 3 อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้ 1. มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ 2. มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 3. สื่อการเรียนการสอนเร้า ความสนใจของผู้เรียนเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน	5	4	5	4.75	4.75	4.70	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านการวัดผลและประเมินผล 1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 2. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 3. ส่งเสริมการวัดความรู้ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 4. การวัดผลที่ระบุสามารถประเมินได้ใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสม	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์							
6. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้							

จากตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้เกณฑ์แบบประเมินมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) พบว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 10 แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย $(\bar{x} = 4.76)$ หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

ตารางการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ ข.2 การการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้							
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลครบถ้วน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
จุดประสงค์การเรียนรู้							
1. มีความครอบคลุมในด้านความรู้ ทักษะ คุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. จุดประสงค์มีความ เหมาะสมกับเวลา	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
สาระการเรียนรู้							
1. มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. มีการจัดลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
4. มีความถูกต้องและชัดเจน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. มีความเหมาะสมกับเวลาสามารถนำไปสอนได้จริง	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
กิจกรรมการเรียนรู้							
1. นำเสนอปัญหาปลายเปิด	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. สืบค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันทั้งชั้นเรียน	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
4. สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้							
1. มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. สื่อการเรียนการสอนเร้า ความสนใจของผู้เรียนเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ด้านการวัดผลและประเมินผล							
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. ส่งเสริมการวัดความรู้ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
4. การวัดผลที่ระบุสามารถประเมินได้ใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสม	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

จากตารางที่ ข.2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ 22 ข้อคำถาม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผนสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ตารางการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ ข.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

แบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
1. สุธีย์ราต้องการเดินทางข้ามฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเดินทางด้วยเรือได้ทั้งหมด 5 ลำ เดินทางด้วยรถยนต์โดยข้ามสะพานได้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ควรใช้หลักการอะไรและ สุธีย์ราจะมีวิธีการเดินทางข้ามไปอีกฝั่งได้กี่วิธี (A)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. พิจารณาคำว่า CLOUD ถ้านำตัวอักษรจำนวน 3 ตัว มาจัดเรียงเป็นคำใหม่โดยไม่คำนึงถึงความหมาย ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะจัดเรียงแตกต่างกันได้ทั้งหมดกี่คำ (A)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. ควรใช้หลักการนับแบบใดและจะมีวิธีที่แตกต่างกันกี่วิธีถ้าจะจัดชาย 4 คน หญิง 3 คน นั่งเก้าอี้ซึ่งเรียงเป็นแถวตรง 7 ตัว โดยที่ ชายและหญิงต้องนั่งสลับกัน (AP)	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
4. ถ้าจะจัดคน 5 คน ยืนเป็นแถวเพื่อถ่ายรูปแตกต่างกันทั้งหมด 325 วิธี โดยจะถ่ายทีละกี่คนก็ได้ ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง (AP)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. มีหนังสือคณิตศาสตร์ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาอังกฤษ 4 เล่มเหมือนกัน หนังสือภาษาไทย 3 เล่มเหมือนกัน นำมาจัดเรียงเป็นแถวโดยมีเงื่อนไขว่า หนังสือภาษาไทยต้องอยู่ติดกันทั้งหมด จะมีวิธีที่นำหนังสือทั้ง 11 เล่ม มาเรียงเป็นแถวได้แตกต่างกันกี่วิธี (APO)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

แบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
6. จงแสดงวิธีคิดที่จะจัดคน 6 คน นั่งรอบโต๊ะกลม ซึ่งใน 6 คนนี้มีฝาแฝดหนึ่งคู่รวมอยู่ด้วย จะมีวิธีจัดการได้ทั้งหมดกี่วิธี ถ้าฝาแฝดคู่นี้นั่งไม่ติดกัน แสดงแนวคิดพร้อมวาดภาพประกอบ (APO)	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
7. มีครอบครัวครัว 4 ครอบครัว ซึ่งแต่ละครอบครัวประกอบด้วย พ่อ แม่ และลูก 2 คน ถ้าทั้ง 4 ครอบครัวมานั่งล้อมรอบโต๊ะกลม เมื่อสมาชิกในครอบครัวเดียวกันนั่งติดกัน และพ่อแม่นั่งติดกันเสมอ จงแสดงแนวคิดหาวิธีการนั่งที่แตกต่างกันกี่วิธี (APO)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
8.นักเรียนชั้น ม.4 ห้องหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ถ้าต้องการเลือกนักเรียน 4 คน เพื่อเป็นกรรรมการห้องโดยมีคนหนึ่งในสี่คนนี้เป็นหัวหน้าห้อง จะมีวิธีเลือกทั้งหมดกี่วิธี จงแสดงแนวคิดในสถานการณ์ข้างต้น (APOS)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
9. ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์ โดดยใช้หลักการจักหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหา (APOS)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
10. จากทฤษฎีบททวินาม ในการหาสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปลโดยสามเหลี่ยมปาสคาล ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์พร้อมหาคำตอบ (APOS)	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

จากตารางที่ ข.3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการ

นับเบื้องต้น แบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อคำถาม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใขทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ข.4 ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

คำถาม	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.365
2	0.391
3	0.459
4	0.581
5	0.500
6	0.591
7	0.408
8	0.456
9	0.525
10	0.509
ค่าความเชื่อมั่น (α)	0.776

จากตารางที่ ข.4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบระดับความเข้าใขทางคณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40 – 0.59) จำนวน 8 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20 – 0.39) จำนวน 2 ข้อ แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.776

ค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่ายจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.5

ตารางที่ ข.5 ค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

คำถาม	ค่าความยากง่าย (p)
1	0.67
2	0.63
3	0.42
4	0.46
5	0.47
6	0.47
7	0.55
8	0.38
9	0.35
10	0.33

จากตารางที่ ข.5 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่องหลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าความยากง่ายในระดับค่อนข้างง่าย (0.60 – 0.79) จำนวน 2 ข้อ มีค่าความยากง่ายในระดับปานกลาง (0.40 – 0.59) จำนวน 5 ข้อ และในระดับค่อนข้างยาก (0.20 – 0.39) จำนวน 3 ข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ดัชนีค่าความยาก 0.20 – 0.80 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ตารางที่ ข.6 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	*IOC*	แปลผล
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
13	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
14	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
15	+1	0	+1	+1	+1	3	0.8	สอดคล้อง
16	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
19	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
21	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง

จากตารางที่ ข.6 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจที่วิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ 23 ข้อคำถาม มีค่า IOC ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ข.7 ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถาม	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.667
2	0.323

(ต่อ)

ตารางที่ ข.7 (ต่อ)

คำถาม	ค่าอำนาจจำแนก (D)
3	0.545
4	0.344
5	0.458
6	0.419
7	0.454
8	0.462
9	0.533
10	0.614
11	0.668
12	0.434
13	0.318
14	0.518
15	0.546
16	0.405
17	0.331
18	0.536
19	0.627
20	0.543
21	0.547
22	0.419
23	0.544
ค่าความเชื่อมั่น (α)	0.867

จากตารางที่ ข.7 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) โดยคำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดีมาก (0.60-1.00) จำนวน 4 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 15 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20-0.39) จำนวน 4 ข้อ แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.867

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (One Sample t-test) คือ ข้อมูลของประชากรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0: คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีการแจกแจงปกติ

H_1: คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีการแจกแจงไม่ปกติ

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	*df*	*Sig.*	Statistic	*df*	*Sig.*
ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	.137	40	.165	.954	40	.152

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถติติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk มีค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ที่กำหนด จึงยอมรับแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีการแจกแจงปกติ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบที

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบทีกรณีกลุ่มเดียว (One Sample t-test) ในการทดสอบผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานทางสถิติเพื่อการทดสอบ ดังนี้

การตั้งสมมติฐานหลักและสมมติฐานทางเลือก

$H_0 : \mu = 14$

$H_1 : \mu > 14$

(ในที่นี้ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 20 ดังนั้น 14 จึงเป็นคะแนนเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป)

ตารางที่ ข.8 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ระดับความเข้าใจ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS	40	15.03	3.34	.54

จากตารางที่ ข.8 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 15.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.34 ความคาดเคลื่อนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 0.54 และจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40

ตารางที่ ข.9 ผลการเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS	Test Value = 17					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
	-1.8	39	.038	-1.68	-3.59	.199

ตารางที่ ข.10 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้สถิติแบบ t-test One Group

กลุ่มตัวอย่าง	N	k	$\bar{x}$	SD	$\mu_0(70\%)$	t
กลุ่มทดลอง	40	20	15.03	3.34	14.00	-1.8**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ ข.9 และข.10 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสถิติที (t-value) เท่ากับ -1.8, df=39 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง (15.03) กับค่าคงที่ (14) เท่ากับ -1.67 ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการทดสอบทางเดียว ดังนั้นจึงต้องหารค่า Sig. ด้วย ซึ่งพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ .038 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด .05 จึงยอมรับ H_0 และสรุปผลการวิจัยได้ว่า หลังการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.13

คะแนนการทำแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้อต้น แบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ดังตารางที่ ข.11

ตารางที่ ข.11 คะแนนแบบทดสอบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS แบบอัตนัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

คะแนนแบบทดสอบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ รวม 20 คะแนน												
ข้อ /เลขที่	1 คะแนน ข้อ 1	ข้อ 2 คะแนน เต็ม 1	ข้อ 3 คะแนนเต็ม 1	ข้อ 4 คะแนนเต็ม 1 1 คะแนน 1	ข้อ 5 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 6 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 7 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 8 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 9 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 10 คะแนนเต็ม 4	รวม 20 คะแนน ทำได้ 1 คะแนน 1 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ
1ก	1	1	1	0.5	2	2	1.5	2	2	2	14.00	70.00
2ก	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	9.50	47.50
3ก	1	1	1	1	2	2	1.5	2.5	2.5	3	18.50	92.50
4ก	1	1	1	1	1.5	1.5	2	2	2	2	15.00	75.00
5ก	1	1	1	1	2	2	1.5	2.5	2.5	3.5	18.00	90.00
6ก	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	9.00	45.00
7ก	1	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	8.50	42.50
8ก	1	1	1	1	2	2	1.5	2	2	1	14.50	72.50
9ก	1	1	1	1	2	1.5	1.5	2	2	2	15.00	75.00
10ก	1	1	1	1	2	2	2	2.5	2.5	2	17.00	85.00
11ก	1	1	1	1	2	1.5	2	2.5	3	4	19.00	95.00
12ก	1	1	1	1	2	1.5	1.5	3	3	3	18.00	90.00
13ก	1	0.5	1	0.5	2	2	1	2	2	1.5	13.50	67.50

(ต่อ)

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

คะแนนแบบทดสอบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ รวม 20 คะแนน												
ข้อ /เลขที่	1 คะแนน ข้อ 1	ข้อ 2 คะแนน เต็ม 1	ข้อ 3 คะแนนเต็ม 1	ข้อ 4 คะแนนเต็ม 1 1 คะแนน 1	ข้อ 5 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 6 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 7 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 8 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 9 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 10 คะแนนเต็ม 4	รวม 20 คะแนน ทำได้ 1 คะแนน 1 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ
14ก	1	1	1	1	2	1.5	2	2	2	1	14.50	72.50
15ก	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3.5	19.50	97.50
16ก	1	0.5	0.5	0.5	1.5	1	1	1	1	1	9.00	45.00
17ก	1	1	1	1	2	2	2	3	2.5	3.5	19.00	95.00
18ก	1	1	1	1	2	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	16.50	82.50
19ก	1	1	1	1	2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	16.00	80.00
20ก	1	1	1	0.5	2	1.5	2	2	2	1.5	14.50	72.50
1ข	1	0.5	0.5	0.5	1.5	1	1	1	1	1	9.00	45.00
2ข	1	1	1	1	2	2	2	2.5	2.5	2.5	17.50	87.50
3ข	1	1	1	1	2	2	2	3	2.5	3	18.50	92.50
4ข	1	1	1	1	2	1.5	1.5	2.5	2	3.5	17.00	85.00
5ข	1	1	1	1	2	2	2	2.5	2	1.5	16.00	80.00
6ข	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	14.00	70.00
7ข	1	1	0.5	0.5	2	1	1	1	1	1	10.00	50.00
8ข	1	1	1	1	2	2	2	2.5	2.5	2.5	17.50	87.50
9ข	1	1	1	1	2	2	1.5	2	2	3	16.50	82.50
10ข	1	1	1	1	2	2	1.5	2.5	2.5	2.5	17.00	85.00
11ข	1	1	1	1	2	1.5	1.5	2	2	3	16.00	80.00
12ข	1	1	1	1	2	2	2	3	1.5	2	16.50	82.50
13ข	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	16.00	80.00
14ข	1	1	0.5	0.5	1.5	1.5	1	1	1	1	10.00	50.00
15ข	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	18.00	90.00

(ต่อ)

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

คะแนนแบบทดสอบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ข้อ รวม 20 คะแนน												
ข้อ /เลขที่	1 คะแนน ข้อ 1	ข้อ 2 คะแนน เต็ม 1	ข้อ 3 คะแนนเต็ม 1	ข้อ 4 คะแนนเต็ม 1 1 คะแนน 1	ข้อ 5 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 6 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 7 คะแนนเต็ม 2	ข้อ 8 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 9 คะแนนเต็ม 3	ข้อ 10 คะแนนเต็ม 4	รวม 20 คะแนน ทำได้ 1 คะแนน 1 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ
16ข	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	19.00	95.00
17ข	1	1	1	0.5	2	2	1.5	2.5	2.5	2.5	16.50	82.50
18ข	1	1	1	0.5	2	2	2	2	2	1.5	15.00	75.00
19ข	1	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	0.5	8.50	42.50
20ข	1	1	1	1	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	14.00	70.00
รวมคะแนนทั้งหมด											601	75.13
ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$											15.03	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(S.D.)$											3.34	

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

ผู้วิจัยได้ดำเนินวิเคราะห์ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอแนวคิดทฤษฎี APOS เรื่อง หลักการนับเบื้อต้น จากคะแนนของแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน หลังจากการจัดกิจกรรมการเยนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ดังตารางที่ ข.12

ตารางที่ ข.12 ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 รายบุคคล

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS																												
ข้อ	1	2	3		4		5			6			7			8				9				10			
ระดับ/เลขที่	A	A	A	P	A	P	A	P	O	A	P	O	A	P	O	A	P	O	S	A	P	O	S	A	P	O	S
1ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
2ก	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		
3ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
5ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		
7ก	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
8ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		
9ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
10ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
11ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
14ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	
15ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16ก	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
17ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
19ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20ก	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	

(ต่อ)

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS																												
ข้อ	1	2	3		4		5			6			7			8				9				10			
ระดับ/เลขที่	A	A	A	P	A	P	A	P	O	A	P	O	A	P	O	A	P	O	S	A	P	O	S	A	P	O	S
1ข	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
2ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		
7ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
8ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
11ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
13ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14ข	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
15ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
19ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓		
20ข	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	

แบ่งระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS

ผู้วิจัยได้ดำเนินแบ่งกลุ่มระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอแนวคิดทฤษฎี APOS ของ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จากคะแนนของแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน หลังจากการจัดกิจกรรมการเยนรู้วิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังตารางที่ ข.13

ตารางที่ ข.13 แบ่งกลุ่มระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 รายกลุ่ม

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS				
ระดับ/เลขที่	A	P	O	S
1ก	✓	✓	✓	
2ก	✓	✓	-	-
3ก	✓	✓	✓	✓
4ก	✓	✓	✓	
5ก	✓	✓	✓	✓
6ก	✓	✓	-	-
7ก	✓	✓	-	-
8ก	✓	✓	✓	-
9ก	✓	✓	✓	-
10ก	✓	✓	✓	✓
11ก	✓	✓	✓	✓
12ก	✓	✓	✓	✓
13ก	✓	✓	✓	-
14ก	✓	✓	✓	-
15ก	✓	✓	✓	✓
16ก	✓	✓	-	-
17ก	✓	✓	✓	✓
18ก	✓	✓	✓	✓
19ก	✓	✓	✓	✓

(ต่อ)

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS				
ระดับ/เลขที่	A	P	O	S
20ก	✓	✓	✓	-
1ข	✓	✓	-	-
2ข	✓	✓	✓	✓
3ข	✓	✓	✓	✓
4ข	✓	✓	✓	✓
5ข	✓	✓	✓	✓
6ข	✓	✓	✓	-
7ข	✓	✓	-	-
8ข	✓	✓	✓	✓
9ข	✓	✓	✓	✓
10ข	✓	✓	✓	✓
11ข	✓	✓	✓	✓
12ข	✓	✓	✓	✓
13ข	✓	✓	✓	✓
14ข	✓	✓	-	-
15ข	✓	✓	✓	✓
16ข	✓	✓	✓	✓
17ข	✓	✓	✓	✓
18ข	✓	✓	✓	-
19ข	✓	✓	-	-
20ข	✓	✓	✓	-

จากตารางที่ ข.13 สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ที่ 5/11 จำนวน 40 คน มีระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ระดับ A จำนวน 40 คน มีระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ระดับ AP จำนวน 8 คน มีระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ระดับ APO จำนวน 10 คน และมีระดับความเข้าใจ

ทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ระดับ APOS จำนวน 22 คน ซึ่งมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS อยู่ระดับ APOS คิดเป็นร้อยละ 55

คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินเปรียบเทียบระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จากคะแนนของแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน แบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเยนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ดังตารางที่ ข.14

ตารางที่ ข.14 คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS รายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการทำแบบทดสอบแบบอัตนัย

คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์			
ระดับ/เลขที่	Y_1 (ก่อนเรียน)	Y_2 (หลังเรียน)	$DS = Y_2 - Y_1$
1ก	8.00	14.00	6.00
2ก	3.50	9.50	6.00
3ก	12.00	18.50	6.50
4ก	9.50	15.00	5.50
5ก	11.00	18.00	7.00
6ก	2.00	9.00	7.00
7ก	1.00	8.50	7.50
8ก	8.50	14.50	6.00
9ก	10.00	15.00	5.00
10ก	10.50	17.00	6.50
11ก	11.00	19.00	8.00
12ก	9.00	18.00	9.00
13ก	6.50	13.50	7.00
14ก	7.00	14.50	6.50
15ก	11.00	19.50	8.50
16ก	3.50	9.00	5.50

(ต่อ)

ตารางที่ ข.14 (ต่อ)

คะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์			
ระดับ/เลขที่	Y_1 (ก่อนเรียน)	Y_2 (หลังเรียน)	$DS = Y_2 - Y_1$
17ก	11.50	19.00	7.50
18ก	6.50	16.50	10.00
19ก	4.50	16.00	11.50
20ก	3.50	14.50	10.50
1ข	2.00	9.00	7.00
2ข	10.50	17.50	7.00
3ข	11.50	18.50	7.00
4ข	10.00	17.00	7.00
5ข	6.00	16.00	10.00
6ข	6.00	14.00	8.00
7ข	2.50	10.00	7.50
8ข	8.00	17.50	9.50
9ข	7.00	16.50	9.50
10ข	4.50	17.00	12.50
11ข	9.50	16.00	6.50
12ข	8.50	16.50	8.00
13ข	6.50	16.00	9.50
14ข	3.00	10.00	7.00
15ข	10.50	18.00	7.50
16ข	9.50	19.00	9.50
17ข	7.50	16.50	9.00
18ข	6.50	15.00	8.50
19ข	1.50	8.50	7.00
20ข	3.50	14.00	10.50
$\bar{x}$	7.11	15.03	7.92
S.D.	3.25	3.34	1.73
ร้อยละ	35.55	75.13	52.68

จากตารางที่ ข.14 สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ที่ 5/11 จำนวน 40 คน มีคะแนนพัฒนาการความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น หลังจากการจัดกิจกรรมการเยนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง พบว่า คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ $\bar{x} = 15.03$ เพิ่มขึ้นจากคะแนนเฉลี่ย $\bar{x} = 7.11$ ถึง $\bar{x} = 7.92$ คิดเป็นร้อยละ 52.68

ภาคผนวก ค

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส	อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ	อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
3. คุณครูทรงรัตน์ ภารสถิติย์	ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
4. คุณครูสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
5. คุณครูศุภวรรณ คัยนันท์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

ภาคผนวก ง

หนังสือขอความอนุเคราะห์



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๘๕๕ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๑ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน คุณครูทรงรัตน์ ภารสถิตย์

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๓๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดี

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๙๓๒๕๐๔๓๖๓



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๘๕๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๑ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณครูสุดารักษ์ นรินทร์รัมย์

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๓๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดี

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๙๓๒๕๐๙๓๖๓



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๘๕๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๑ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณครูศุภวรรณ คัยนันทน์

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดี

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๙๓๒๕๐๔๓๖๓



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๔๗๑ **วันที่** ๑ ตุลาคม ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์

ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๔๗๑ **วันที่** ๑ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๘๗๖ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๑ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วยนายสุรศักดิ์ มีศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๒ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด (open approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ในวันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๗ เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดี

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๙๓๒๕๐๔๓๖๓

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

สุรศักดิ์ มีศรี และนวพล นนทภา. (2568). การพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎี APOS โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับสถานการณ์ในชีวิต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 *วารสารมณีเชษฐารามวัดจอมมณี*, (8)4, กรกฎาคม-สิงหาคม.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล นายสุรศักดิ์ มีศรี

วันเกิด 5 กุมภาพันธ์ 2543

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2568 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม