การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

นฤมล อำมะรา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มีนาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นฤมล อำมะรา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

.....กรรมการ
(ดร.ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์)

.....กรรมการ
(ดร.อาพันธ์ชนิต เจนจิต)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ ให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยอ้างอิงทางวิชาการที่ปรากฏในบรรณานุกรม

ขอบขอบพระคุณคณะผู้บริหารโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนเกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา และคณะครูทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย ตลอดจนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ อยู่เคียงข้างและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา และเพื่อน ๆ พี่ ๆ ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการีบูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

นฤมล อำมะรา

58920545: สาขาวิชา: วิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา; วท.ม (วิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา)
คำสำคัญ: แบบทดสอบ/ คณิตศาสตร์/ กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นฤมล อำมะรา: การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี (THE CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING PROCESS TEST FOR STUDENTS IN GRADE 9 IN THE OFFICE OF PROVINCIAL EDUCATION CHONBURI) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุรีพร อนุศาสนนันท์, ค.ด., ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์, ค.ด. 270 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง หาคุณภาพ และหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนในสังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี จำนวน 474 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ ที่สร้างขึ้น หาคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าความยาก (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Discrimination) ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ และหาคะแนนจุดตัด (Cut of scores)

ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบจำนวน 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 จำนวน 9 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.5 จำนวน 36 ข้อ และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 8 ข้อ ฉบับที่ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.50 จำนวน 9 ข้อ และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 2 ข้อ

2. คุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ค่าสถิติพื้นฐาน ฉบับที่ 1 จำนวน 36 ข้อ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.12 คิดเป็นร้อยละ 58.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.44 ฉบับที่ 2 จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 53.07 คิดเป็นร้อยละ 58.97 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.43 ค่าความยากของ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ 0.25-0.79 และฉบับที่ 2 ตั้งแต่ 0.50-0.63 ค่าอำนาจจำแนกของ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ 0.21-0.77 และฉบับที่ 2 ตั้งแต่ 0.32-0.67 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของฉบับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.78 และฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.82 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของฉบับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.93 และฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.74 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ของฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.90

3. คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 ด้วยวิธี Angoff Method คือ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.17 คะแนนจุดตัดของ ฉบับที่ 2 ด้วยวิธี Extended Angoff Method คือ 61.25 จากคะแนนเต็ม 90 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.06

58920545: MAJOR: EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS; M.Sc. (EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS)
KEYWORDS: TESTS/ MATHEMATICS/ MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING PROCESS

NARUMON AMARA: THE CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING PROCESS TEST FOR STUDENTS IN GRADE 9 IN THE OFFICE OF PROVINCIAL EDUCATION CHONBURI. ADVISORY COMMITTEE: SUREEPORN ANUSASANANAN, Ph.D., NATKRITA NGAMMEERITH, Ph.D. 270 P. 2018.

The purposes of this research were to create, validate the qualities and finding the cut score of mathematical problem solving process tests for in grade 9 students. A sample was grade 9 students in the first semester of year 2560 who study in schools which were affiliated with provincial education office in Chonburi Province, with the total of 474 students. These samples were selected by using Multi-Stage Random Sampling.

The tools of this research were two mathematical problem-solving process tests: multiple choices test (36 test items, with 4 choices) and write-up test (9 items). Both tests were validated for finding the qualities in content validity, basic statistical values, difficulty values, discrimination power, concurrent validity values, reliability values, reliability of rates values, correlation of both testing scores, and finding Cut of Scores.

The Results were that:

1. The two mathematical problem solving process tests for the grade 9 student: multiple-choices 36 items and write-ups 9 items. Each item consisted of 4 choices to measure mathematical problem solving process which followed by problem solving process of Polya. First test was found that the Index of Item-Objective Congruence (IOC) was higher than 0.5, however there were 8 items those were not met the criteria. The second tests was found that the IOC was higher than 0.5 about 9 items and 2 items were below .05 level.

2. The quality of the mathematical problem-solving process tests: the basic statistical values for the first test of 36 items has average of 21.12 (58.67%), standard deviation (*SD*) of 8.44. The second 9 write-up test item (full score of 90) (90 Scores) has average of 53.07 (58.97%), standard deviation (*SD*) of 18.43. Concerning difficulty values, first test was between 0.25-0.79 and second test was between 0.50-0.63. Discrimination values, first test was between 0.21-0.77 and second test was between 0.32-0.67. Concurrent validity values, first test was at 0.78 and second test was at 0.82. Reliability values, first test as at 0.93 and second test as at 0.74. Reliability of Raters values, second test was at 0.99. And correlation values of both test was at 0.90.

3. The Cut Scores of first mathematical problem solving process test was 25.98 out of 36 and the average was at 72.17 by using Angoff Method ,and second mathematical problem solving process test was at 61.25 out of 90 and the average of 68.06 percent by using Extended Angoff Method.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามวิจัย..... 7

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 8

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 10

ขอบเขตการวิจัย..... 10

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551..... 13

แนวคิดในการสอนคณิตศาสตร์..... 21

แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์..... 27

การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ..... 48

การหาคุณภาพของเครื่องมือ..... 59

คะแนนจุดตัด (Cut scores) 69

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 84

3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 91

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 91

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 95

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 97

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล 109

การวิเคราะห์ข้อมูล 110

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 117

สัญลักษณ์ทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 117

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 118

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 143

การวิเคราะห์ข้อมูล 144

สรุปผลการวิจัย 145

อภิปรายผล 150

ข้อเสนอแนะ 159

บรรณานุกรม 161

ภาคผนวก 173

ภาคผนวก ก 174

ภาคผนวก ข 176

ภาคผนวก ค 193

ภาคผนวก ง 227

ประวัติย่อของผู้วิจัย 270

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1	17
2	รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา	38
3	เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ Charles et al	40
4	เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	41
5	ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	43
6	ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม	44
7	เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการ	46
8	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	47
9	ตัวอย่างการคำนวณคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ	73
10	ข้อมูลสมมติฐานและตัวอย่างของการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วย วิธีแองกอฟแบบใช่/ไม่ใช่ และวิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย	75
11	การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอีเบล	77
12	ตัวอย่างแบบทดสอบฉบับหนึ่งมี 50 ข้อเมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนพิจารณา แยกแยะลักษณะข้อสอบ	78
13	รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดโรงเรียนและจุดประสงค์การทดสอบ	97
14	เกณฑ์การประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	98
15	การวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	100
16	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	118
17	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย	119
18	ผลการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 2 ฉบับ	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

19 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 121

20 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 124

21 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน 125

22 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน 126

23 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 127

24 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 129

25 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 130

25 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 130

27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 131

28 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 132

29 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย 133

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

30 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวิธีของ Angoff Method..... 134

31 คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากการใช้จริง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 314 คน..... 137

32 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยวิธีของ Extended Angoff Method... 138

33 คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จากการใช้จริง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 314 คน..... 142

34 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... 177

35 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... 179

36 การคำนวณหาค่าความยาก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทดสอบครั้งที่ 2..... 180

37 การคำนวณค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทดสอบครั้งที่ 2..... 182

38 การคำนวณหาค่าความยาก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำไปใช้จริง..... 184

39 การคำนวณค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำไปใช้จริง..... 186

40 การคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย ทดสอบครั้งที่ 2 นำไปใช้จริง..... 190

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
2	กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต ตามแนวคิดของวิลสัน และคณะ	33
3	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	93

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเป็นยุคที่โลกมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อันสืบเนื่องมาจากการใช้เทคโนโลยีเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ของทุกภูมิภาคของโลกเข้าด้วยกัน กระแสการปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของสังคมอย่างทั่วถึง (วรางคณา ทองนพคุณ, 2558, หน้า 4) ความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วเป็นความสืบเนื่องมาจากการพัฒนาวิทยาการทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ซึ่งพื้นฐานในการพัฒนาด้านต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีพื้นฐานสำคัญมาจากคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น (สิริพร ทิพย์คง, 2545, หน้า 15; Kennedy and Tipps, 1994, p. 135) คณิตศาสตร์นอกจากจะเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญแล้วยังเป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตประจำวันมนุษย์ เป็นเครื่องมือที่นำความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม ตลอดจนเป็นพื้นฐานของการค้นคว้าวิจัยทุกประเทศ เป็นที่ยอมรับกันว่าคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ เพราะคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดของผู้เรียนให้สามารถคิดได้อย่างเป็นระบบ มีเหตุผล แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้วิชาอื่น ๆ ได้ด้วย (กรมวิชาการ, 2542, หน้า 1) โดยธรรมชาติวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุผล กระบวนการคิดและการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาที่ช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณและเป็นระบบ ตลอดจนมีทักษะการแก้ปัญหา ทำให้คิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นั้นจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 ก, หน้า 6) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดให้ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, หน้า 162) สมาคมศึกษานิเทศก์ ในสหรัฐอเมริกา (National Council of Supervisors of Mathematics (NCSM), 1977, pp. 19-22) ได้กำหนดให้การแก้ปัญหาเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญ

อันดับแรกในจำนวนทักษะพื้นฐานที่จำเป็น 10 ประการ อีกทั้งสมาคมผู้สอนคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 1980, pp. 1-3) ได้เสนอให้การแก้ปัญหาเป็นจุดเน้นที่สำคัญของหลักสูตร เป็นเป้าหมายแรกของการเรียนการสอน และเป็นส่วนสำคัญของกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ วิจารณ์ พานิช (2555, หน้า 16-21) ได้กล่าวถึงทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่ทุกคนจะต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต คือ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving) ซึ่งกำหนดไว้ในเป้าหมายยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สองว่า คนไทยคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาได้ โดยมีทักษะในการคิดและปฏิบัติมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนเข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน จะเห็นว่าทักษะการแก้ปัญหามีความสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดและวิเคราะห์เมื่อพบปัญหาต่าง ๆ ซึ่งบุคคลที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดีคือบุคคลที่สามารถประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/ กระบวนการ และใช้ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหา (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2529, หน้า 29)

จากผลการประเมินจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment (PISA), 2015) เป็นโครงการที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินว่านักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับ (ซึ่งถือเป็นข้อตกลงเบื้องต้นคือ เยาวชนอายุ 15 ปี เพราะโดยทั่วไปเยาวชนวัยนี้คือวัยที่กำลังจะจบการศึกษาภาคบังคับ) จะได้รับการเตรียมพร้อมความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในอนาคต และมีส่วนร่วมสร้างสังคม ซึ่งได้เน้นคณิตศาสตร์เป็นการประเมินหลัก มีการอ่าน วิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาเป็นการประเมินย่อยซึ่งความสามารถทางคณิตศาสตร์มีการประเมินสามด้าน คือ การคิดให้เป็นทางคณิตศาสตร์ (Mathematising) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical principles) และการตีความการแปลความ (Mathematical interpreting) พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ 415 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 490 คะแนน) ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าหนึ่งระดับ แนวโน้มคะแนนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เมื่อเทียบกับการประเมินคณิตศาสตร์ที่เป็นวิชาหลักใน PISA 2012 ลดลง 11 คะแนน ซึ่งจุดอ่อนของประเทศไทยคือการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ นั่นก็คือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั่นเอง โดยโจทย์จะกำหนดปัญหาในโลกชีวิตจริงมาให้แล้วต้องมองให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์และใช้ความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสาร การแสดงเครื่องหมาย การสร้างกลยุทธ์ การทำให้เป็นคณิตศาสตร์ การใช้ความเป็นเหตุเป็นผลและการสร้างข้อโต้แย้ง การใช้สัญลักษณ์ ภาษาทางคณิตศาสตร์ หรือภาษาเทคนิคและการดำเนินการ การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์มาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาให้ออกมาในรูปของคณิตศาสตร์แล้วใช้ความรู้คณิตศาสตร์ตีความและ

ประเมินผลลัพธ์มาตอบปัญหาในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 22-25) และจากผลคะแนนการสอบวิชาคณิตศาสตร์ของสถาบันทดสอบการศึกษาระดับชาติประจำปีการศึกษา 2556, 2557 และ 2558 พบว่า คะแนนทางการศึกษาระดับชาติพื้นฐาน (O-NET) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 25.45, 29.65 และ 32.40 คะแนน ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน เมื่อจำแนกคะแนนเฉลี่ยตามสาระวิชา พบว่า สาระที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ สาระที่ 6 ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18, 2558, หน้า 11) จะเห็นได้ว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำ สาเหตุที่นักเรียนอ่อนวิชาคณิตศาสตร์มีหลายประการด้วยกัน อาจเป็นผลมาจากนักเรียนประสบปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์และปัญหาที่พบมากเรื่องหนึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาได้ (กองสินอ่อนวาด, 2550; อรชร ภูบุญเติม, 2550) นอกจากนี้ยังพบข้อมูลจากหลาย ๆ หน่วยงานมีปัญหามากในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนบกพร่องในการอ่านและทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ไม่สามารถแปลความหมายของโจทย์ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ได้ บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดไม่ถูกต้อง ขาดความเข้าใจในกระบวนการหรือวิธีการแก้โจทย์ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 ข, หน้า 177) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Lester (1977, p. 12 อ้างถึงใน จันทร์ขจร มะลิจันทร์, 2554, หน้า 2) ที่กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้นเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ และเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตร จากผลประเมินจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) และผลการประเมินทางการศึกษาระดับชาติพื้นฐาน (O-NET) ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน การวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงเป็นประเด็นสำคัญที่นักการศึกษาควรให้ความสนใจและดำเนินการอย่างจริงจัง ปัจจุบันแบบทดสอบที่นำมาใช้วัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นหาคำตอบมากกว่ากระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาวัดกระบวนการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งแบบทดสอบที่เหมาะสมกับการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นลักษณะพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับสูงและมีลักษณะซับซ้อนได้ดี คือ แบบทดสอบอัตนัย (Gronlund & Linn, 1990)

จากความสำคัญดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่เป็นหัวใจของการสอนคณิตศาสตร์ (NCTM, 1980, pp. 1-3) สอดคล้องกับสิริพร ทิพย์คง (2545, หน้า 47) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจของการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะในการแก้ปัญหาผู้เรียนต้องใช้ความคิด

รวบยอด ทักษะการคิดคำนวณ หลักการ กฎ หรือสูตร ผู้ที่มีกระบวนการแก้ปัญหาที่ดีมักมีความรู้ ประสบการณ์ ระบบการคิด และการตัดสินใจที่ดีพอ เนื่องจากแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับความรู้ ทักษะ และความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงาน ความสามารถในการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติ และความเชื่อของผู้แก้ปัญหาด้วย แม้การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนแต่ก็มีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะและกระบวนการคิด การพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงและใช้ความรู้ที่เรียนมาในการแก้ปัญหาพัฒนาทักษะของผู้เรียนในการเลือกและใช้กลวิธีอย่างเหมาะสม นอกจากนี้การแก้ปัญหายังช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (อัมพร ม้าคนอง, 2553, หน้า 39) สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย (2538, หน้า 52-53) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหาอาจจะต้องใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับโพลยา (Polya, 1957, p. 1) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นการหาวิถีทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา เป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไป หาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่เพื่อจะให้ได้ข้อลงเอยหรือคำตอบที่มีความชัดเจน แต่ว่าสิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในทันทีทันใด ดังนั้นกระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ครูควรปลูกฝังให้นักเรียนเข้าใจถึงขั้นตอนหรือ กระบวนการในการแก้ปัญหาว่าควรเริ่มต้นแก้ปัญหาอย่างไร จะดำเนินการแก้ปัญหานั้นอย่างไร อีกทั้งให้เหตุผลได้ว่าวิธีการนั้น ๆ มีความเหมาะสมหรือไม่ในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหามีผู้เสนอไว้หลายแนวคิด ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957, pp. 16-17) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนสำคัญยิ่งเพราะเป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหา ถ้าเริ่มต้นถูกทางย่อมมีโอกาสที่จะแก้ปัญหาได้ ในขั้นนี้ผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจส่วนสำคัญต่าง ๆ ของปัญหาอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ได้แก่ ข้อมูล เงื่อนไข และสิ่งที่ต้องค้นหาหรือพิสูจน์ ผู้เรียนอาจใช้วิธีเขียนรูป เขียนแผนภาพ หรือแจงสาระต่าง ๆ ของปัญหาโดยใช้ถ้อยคำของตนเอง การทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวางแผน อาจใช้การทดลองลองผิดลองถูก ค้นหารูปแบบที่คล้ายกับที่เคยทำมา โดยผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีอยู่ กำหนดเป็นวิธีการและเทคนิคในการแก้ปัญหา อาจเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของยุทธวิธีแก้ปัญหา การเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน

แล้วลงมือปฏิบัติจนหาคำตอบได้ และขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบผล (Looking back) คือ การพิจารณาว่าการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้เรียบร้อยครบถ้วนทุกกรณีที่เป็นไปได้หรือไม่ คำตอบที่ได้เป็นสิ่งที่เป็นไปได้หรือไม่ได้อย่างไร โดยการตรวจคำตอบหรือการมองย้อนกลับนอกจากจะช่วยให้พบข้อบกพร่องที่อาจมีอยู่เพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ดี และเทราท์แมนและลิชเบิร์ก (Troutman & Lithtenberg, 1995, pp. 4-7) ได้เสนอแนะกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมี 6 ขั้นตอน ซึ่งพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาไม่เพียงแต่ทำความเข้าใจปัญหาที่ปรากฏในปัญหาเท่านั้น แต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการทำความเข้าใจปัญหา คือ การตั้งคำถามตนเองเพื่อให้เข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดแผนในการแก้ปัญหา ต้องกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนในการแก้ปัญหาหลาย ๆ แผนเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ จะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและเลือกแผนที่คิดว่าน่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาลงมือตามแผนที่กำหนดไว้ซึ่งมีข้อแนะนำให้ทำงานเป็นกลุ่ม คำตอบของแต่ละคนที่คิดได้จะสามารถนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกัน ทำให้ได้เรียนรู้สิ่งที่แปลกใหม่จากเพื่อน ๆ แต่ถ้าทุกคนในกลุ่มใช้แผนในการแก้ปัญหาเดียวกันทั้งกลุ่มก็จะได้มีโอกาสช่วยเหลือกันแก้ปัญหาอย่างรอบคอบ ในการแก้ปัญหาอาจแบ่งงานให้เป็นส่วน ๆ โดยให้แต่ละคนได้มีส่วนรับผิดชอบแล้วนำมาประกอบกัน จะทำให้งานของกลุ่มมีความสมบูรณ์และเสร็จลุล่วงได้เร็วขึ้น ขั้นที่ 4 ประเมินแผนและคำตอบ เป็นการพิจารณาว่าคำตอบมีความเป็นไปได้หรือสมจริงหรือไม่ ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่ ขั้นที่ 5 การขยายปัญหา โดยผู้แก้ปัญหาต้องค้นหารูปแบบทั่วไปของคำตอบการขยายปัญหาจะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถทำได้โดยเขียนปัญหาที่คล้ายกับปัญหาเดิมแต่อาจเพิ่มข้อมูลบางอย่างหรือเพิ่มความซับซ้อนให้มากขึ้นก็ได้ ขั้นที่ 6 การบันทึกการแก้ปัญหา นักแก้ปัญหาที่ดีจะมีการจดจำบันทึกการทำงานของเขาไว้เพื่อจะได้สามารถรื้อฟื้นหรือทบทวนความพยายามของเขาได้ การจดบันทึกเป็นการเก็บข้อมูลจากการร่วมคิด ร่วมทำจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

จากการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนของการแก้ปัญหาจะมีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งเป็นที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา (Understand the problem) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devise a plan) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ (Carry out the plan) และขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ (Look back) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551, หน้า 8-10) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา ของรำพึง

นิรารมย์ (2546) ดวงพร ตั้งอุดมเจริญชัย (2551) และนิรัชรา ชัยชนะอุดมกูล (2556) พบว่า การสอนโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา เป็นลักษณะการสอนที่มีขั้นตอนชัดเจน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง ในแต่ละขั้นตอนจะมีวิธีการฝึกวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและทักษะต่าง ๆ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะและกระบวนการ โดยให้นักเรียนสามารถสรุปกฎและขั้นตอนการแก้ปัญหา สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบโดยอาศัยการเรียนรู้และฝึกฝนไปพร้อม ๆ กันอีกทั้งทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับครู และระหว่างนักเรียนกับนักเรียนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการแก้ปัญหาของโพลยาสูงขึ้น

ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการศึกษาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งให้นักเรียนนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยเฉพาะกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งกำหนดเป็นสมรรถนะของผู้เรียนตามหลักสูตร เป็นสิ่งที่ต้องใช้ความรู้ความสามารถในหลายด้านมาช่วยในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551, หน้า 1) ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และได้ทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบอัตนัย สอดคล้องกับ พรพิมล สร้อยสนธิ์ (2549) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 วิชญารัตน์ บัวกิ่ง (2549) ได้สร้างแบบทดสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและระบบสมการเชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 และวาสนา ไกรแก้ว (2556) ได้สร้างแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดกระบวนการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ใช้ข้อสอบอัตนัยที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้สามารถแสดงออกโดยใช้ภาษาของตนเองในการทำแบบทดสอบประเภทนี้ผู้สอบต้องมีความสามารถในการจัดระเบียบของความ รู้แสดงความคิดริเริ่มและรู้จักการสังเคราะห์ข้อความได้อย่างเหมาะสม และสามารถใช้วัดในลักษณะ กระบวนการ (Process) ต่าง ๆ ได้โดยในการตรวจให้คะแนนต้องมีเกณฑ์การตรวจ ซึ่งครูผู้สอนใช้เวลาในการตรวจนาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจสร้างแบบทดสอบปรนัยซึ่งมีความชัดแจ้งในความหมายของคำถามตรวจให้คะแนนได้ตรงกันและสามารถแปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน และงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ทำในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 น้อยมาก ซึ่งนักเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นระดับชั้นที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนต้องนำผลการเรียนไปศึกษาต่อและนักเรียนบางคนต้องออกไปประกอบอาชีพ นั่นคือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแบบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งเป็นแบบทดสอบจำนวน 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหา และหาคุณภาพของแบบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หาคะแนนจุดตัด (Cutting score) เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ใช้เปรียบเทียบกับคะแนนที่ผู้เข้าสอบแต่ละคนได้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือสูงกว่า แสดงว่าผู้เข้าสอบมีความสามารถ ความรู้ ตามจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาหรือมาตรฐานการเรียนรู้ในวิชานั้น ๆ แต่ถ้าได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้แสดงว่าผู้เข้าสอบยังไม่มีความสามารถ ความรอบรู้ในเรื่องดังกล่าว (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556, หน้า 11) วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดมีหลากหลายวิธี ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method ซึ่งเหมาะสำหรับข้อสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ 0, 1 คือถูก ให้ 1 คะแนน ผิดให้ 0 คะแนน และใช้วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Extended Angoff Method ซึ่งเหมาะสำหรับข้อสอบที่มีระบบการให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (แบบอัตนัย) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย แบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบอัตนัย เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานในการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อให้ครูและผู้เกี่ยวข้องนำไปประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และใช้พัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสม ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดเป็นระบบ และสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีที่สมเหตุสมผล อันจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาและเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ และแบบทดสอบลักษณะนี้ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะการนำแบบทดสอบนี้ไปใช้ในการสอบที่ส่งผลต่ออนาคตของผู้สอบ เช่น การทดสอบระดับชาติ (O-NET) เป็นต้น

คำถามวิจัย

1. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคุณภาพเป็นอย่างไร

2. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีคะแนนจุดตัดเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

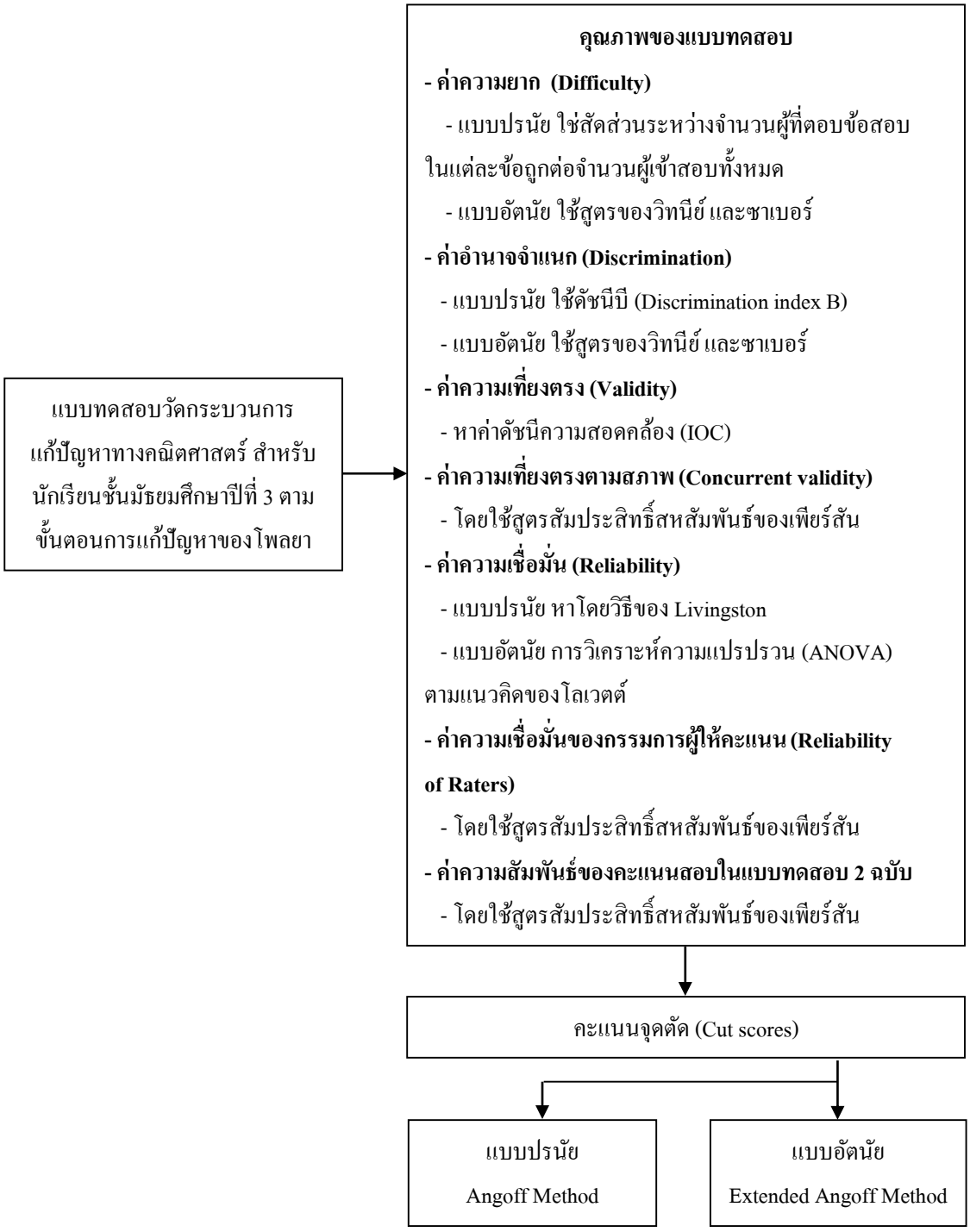
1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. เพื่อหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา (Ploya, 1957, pp. 16-17) คือ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคุณภาพ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนของครูให้เกิดประสิทธิภาพ

2. เป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ

3. ได้คะแนนจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี มีการกำหนดขอบเขตวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตประชากร

1.1 ผู้ตัดสิน คือ ครูที่สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2 ผู้สอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี จำนวน 8,668 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 31 โรงเรียน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระการเรียนรู้พื้นฐาน จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ พื้นที่ผิวและปริมาตร ระบบสมการเชิงเส้นและความคล้าย และใช้กรอบแนวคิดการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของ Ploya 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คือ การทำความเข้าใจข้อมูล ที่โจทย์กำหนดให้และเข้าใจสิ่งที่โจทย์ต้องการรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คือ การเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยพื้นความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมบวกกับปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือจากการสำรวจโครงสร้าง โดยจะต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คือ การดำเนินแก้ไขปัญหาตามวิธีที่เลือกแล้วในทางปฏิบัติแล้ว ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนที่ 3 ช่วงนี้ต้องอาศัยเวลาตัดสินว่าวิธีที่ได้เลือกแล้วแก้ปัญหาได้เหมาะสมหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล คือทบทวนกระบวนแก้ปัญหาที่ได้ปฏิบัติไปแล้ว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการทบทวนเปิดโอกาสให้ได้ประเมินผลของการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

2. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ระบบสมการเชิงเส้นและความคล้าย มีลักษณะเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และเป็นอัตนัยตามประเด็นที่โจทย์กำหนด

3. คุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงถึงความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discrimination) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) และคะแนนจุดตัด (Cut of score)

3.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการให้วัด และวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดและพฤติกรรมตามที่กำหนดไว้ได้มากน้อยเพียงใด คำนวณได้จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item objective congruence: IOC)

3.2 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นกับเกณฑ์การให้คะแนนในสภาพปัจจุบัน หาโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson’s product moment correlation coefficient)

3.3 ความยาก (Difficulty) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถบ่งชี้ถึงสัดส่วนของจำนวนผู้ที่ทำแบบวัดข้อนั้นถูกต้องต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ค่าความยากที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 หาได้โดยใช้สูตรของดี อาร์ ไวท์นีย์ และดีแอล ซาเบอร์

3.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถบอกถึงความแตกต่างของความสามารถของนักเรียนในด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน โดยการวิจัยครั้งนี้กำหนดค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่ามีความเหมาะสม หาได้โดยใช้สูตรดัชนีบี (Discrimination index B) และสูตรของดี อาร์ ไวท์นีย์ และดีแอล ซาเบอร์

3.5 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จริงของนักเรียนได้คงที่ แน่นอน สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของ Livingston สำหรับข้อสอบปรนัยและการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ สำหรับข้อสอบอัตนัย

3.6 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) หมายถึง ความคงที่ของการตัดสินใจของกรรมการให้คะแนน หาโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson’s product moment correlation coefficient)

4. คะแนนจุดตัด (Cut of score) หมายถึง การกำหนดจุดที่เป็นการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้ โดยการพิจารณาจากการกำหนดระดับการผ่านขั้นต่ำ ซึ่งหมายถึงความรู้ขั้นต่ำในเรื่องที่จำเป็นต้องมี เพื่อนิยามผู้มีความสามารถคาบเส้น จากนั้นพิจารณาข้อสอบทีละข้อเพื่อพิจารณาและกำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้อง แจกค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการกำหนดความน่าจะเป็น ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method สำหรับแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธี Extended Angoff Method สำหรับแบบทดสอบอัตนัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยเสนอเนื้อหาที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แนวคิดในการสอนคณิตศาสตร์
3. แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ
5. การหาคุณภาพของเครื่องมือ
6. คะแนนจุดตัด (Cut scores)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. ความสำคัญของคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผนสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 1) กล่าวคือ คณิตศาสตร์มีอยู่ในทุกที่ทุกเวลา ตั้งแต่เช้าจนเย็น ซึ่งมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญไว้ดังนี้

กรมวิชาการ (2545, หน้า 1) ได้กล่าวถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังนี้ คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถคิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ปรีชา รัตนชาคริต (2548, หน้า 14) ได้กล่าวถึงความสำคัญไว้ว่า คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์แห่งการคิด และเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของสมองด้านการคิด อันเป็นความสามารถทางปัญญาของคน สังเกตได้จากความสามารถในการรับรู้ การคิดและการตัดสินใจ ความสามารถด้านการคิดในลักษณะนามธรรม การให้เหตุผล การอธิบายประกอบ และความสามารถในการสรุปรวบยอด หลักการต่าง ๆ และการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้

คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น นอกจากนี้สาระคณิตศาสตร์ ยังช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์มีความสมดุลทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญาและอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น ปัญหาเป็นสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องทั้งระบบ ด้านพัฒนาการคิดของมนุษย์ และเกี่ยวข้องกับกิจกรรมประจำวันของมนุษย์อีกด้วย

2. วิสัยทัศน์การเรียนรู้คณิตศาสตร์

การศึกษาคณิตศาสตร์ สำหรับหลักสูตรการศึกษาแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิตตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เยาวชนเป็นผู้มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อ ดังนั้น จึงเป็นความรับผิดชอบของสถานศึกษาที่ต้องจัดสาระการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่หลักสูตรกำหนดไว้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 ก, หน้า 1)

3. คุณภาพของผู้เรียน

เมื่อผู้เรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปีแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิต ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับสูงขึ้น

การที่ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีคุณภาพนั้นจะต้องมีความสมดุลระหว่างสาระทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น พร้อมทั้งสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ได้

2. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่าง ๆ

3. มีความสามารถในการทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

จากจุดหมายของหลักสูตรที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งหวังให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระของวิชาคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

4. สาระของหลักสูตร

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

จำนวนและการดำเนินการ ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การวัด ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

เรขาคณิต รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation)

พีชคณิต แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น

ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 ข, หน้า 1-2)

5. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย สาระการเรียนรู้และมาตรฐานดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจ และแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หมายเหตุ 1. การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพนั้น จะต้องให้มีความสมดุลระหว่างสาระด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ ได้แก่ การทำงานอย่างมีระบบ มีระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

2. ในการวัดและประเมินผลด้านทักษะและกระบวนการสามารถประเมินในระหว่างการเรียนการสอน หรือประเมินไปพร้อมกับการประเมินด้านความรู้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 ข, หน้า 7-42)

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1

สาระ/มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 การวัด มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด	1. หาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก 2. หาปริมาตรของปริซึมทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม	- พื้นที่ผิวของปริซึม และทรงกระบอก - ปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สาระ/ มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. เปรียบเทียบหน่วยความจุ หรือหน่วยปริมาตรในระบบเดียวกันหรือต่างระบบ และเลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม	- การเปรียบเทียบหน่วยความจุหรือหน่วยปริมาตรในระบบเดียวกันหรือต่างระบบ - การเลือกใช้หน่วยการวัดเกี่ยวกับความจุหรือปริมาตร
	4. ใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัดในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	- การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด
สาระที่ 2 การวัด มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ พื้นที่ผิว และปริมาตรในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ	- การใช้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ พื้นที่ผิว และปริมาตรในการแก้ปัญหา
สาระที่ 3 เรขาคณิต มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	1. อธิบายลักษณะและสมบัติของปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลม	- ลักษณะและสมบัติของปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลม
มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา	1. ใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมคล้ายในการให้เหตุผลและการแก้ปัญหา	- สมบัติของรูปสามเหลี่ยมคล้ายและการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สาระ/ มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 4 พีชคณิต มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ	- อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและการนำไปใช้
	2. เขียนกราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น	- กราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น
	3. เขียนกราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	- กราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร
	4. อ่านและแปลความหมาย กราฟของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และกราฟอื่น ๆ	- กราฟของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร - กราฟอื่น ๆ
	5. แก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และนำไปใช้แก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ	- ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้	- อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สาระ/ มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา 2. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม 4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน 5. เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ 6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	

จากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถวิเคราะห์สาระที่นำมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ดังนี้

สาระที่ 2 การวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

สาระที่ 4 พีชคณิต

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

จากสาระทั้ง 4 สาระ สามารถวิเคราะห์เป็นเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ พื้นที่ผิวและปริมาตร ระบบสมการเชิงเส้น และความคล้าย ซึ่งโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างได้เรียนในเนื้อหาเดียวกัน

แนวคิดในการสอนคณิตศาสตร์

เนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่มีโครงสร้าง ประกอบด้วยข้อตกลงเบื้องต้นในรูปของคำอนิยามและสัจพจน์ การใช้เหตุผลเพื่อสร้างทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่นำไปใช้อย่างเป็นระบบ คณิตศาสตร์มีความถูกต้องเที่ยงตรง คงเส้นคงวา มีระเบียบแบบแผน เป็นเหตุเป็นผล และมีความสมบูรณ์ในตนเอง คณิตศาสตร์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบรูปและความสัมพันธ์เพื่อให้ได้ข้อสรุปและการนำไปใช้ประโยชน์ เนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นภาษาสากลที่สามารถใช้เพื่อการสื่อสาร การสื่อความหมาย และถ่านทอดความรู้ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 2)

1. หลักการสอนคณิตศาสตร์

หลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยอิสระ ผู้สอนมีส่วนช่วยในการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้สอนทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และชี้แนะในข้อบกพร่องของผู้เรียนและในขั้นการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ สิ่งสำคัญที่ผู้สอนควรคำนึงถึงคือความรู้พื้นฐานของผู้เรียนสำหรับการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ขั้นเตรียมความพร้อมเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม ผู้สอนสามารถใช้คำถามเชื่อมโยงเนื้อหา หรือเรื่องราวที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่เนื้อหาใหม่หรือใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ในการทบทวนความรู้เดิมในขั้นปฏิบัติกิจกรรมผู้สอนอาจใช้ปัญหาซึ่งมีความเชื่อมโยงกับเรื่องราวในขั้นเตรียมความพร้อม และใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ให้ผู้เรียนสามารถสรุปหรือเข้าใจหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สัจพจน์ ทฤษฎีบท หรือบทนิยามด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม ผู้สอนควรให้อิสระทางความคิดกับผู้เรียน ให้คำแนะนำตามความจำเป็น เนื่องจากลักษณะการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานที่ต่อเนื่องกันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับเด็กเล็ก ผู้สอนควรให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้จากการปฏิบัติ/ ทำกิจกรรม ได้ฝึกทักษะ/ กระบวนการ โดยฝึกการสังเกต ฝึกการให้เหตุผล และหาข้อสรุปจากสื่อรูปธรรมหรือแบบจำลองต่าง ๆ ก่อนและขยายวงความรู้สู่นามธรรมให้กว้างขึ้นสูงขึ้นตามความสามารถของผู้เรียน ถ้าสาระเนื้อหาหรือกิจกรรมที่ผู้สอนจัดให้นั้นมีความยากเกินไป หรือต้องอาศัยความรู้พื้นฐานที่สูงกว่าผู้เรียนมีอยู่ ผู้สอนจึงควรสร้างพื้นฐานความรู้ใหม่ อาจใช้วิธีลดรูปของปัญหานั้นให้ง่ายกว่าเดิม หรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสริมเพิ่มเติมให้อีกก็ได้ (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 188-189)

ยุพิน พิพิธกุล (2545, หน้า 11-12) ให้หลักการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ควรสอนจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก

2. เปลี่ยนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม

3. สอนให้สัมพันธ์ความคิด

4. เปลี่ยนวิธีการสอนไม่ซ้ำซากน่าเบื่อหน่าย ผู้สอนควรจะสอนให้สนุกสนาน น่าสนใจ ซึ่งอาจจะมีกลอน เพลง เกม การเล่าเรื่อง การทำภาพประกอบ การ์ตูน ปริศนา ต้องรู้จักสอดแทรกสิ่งละอันพันละน้อยให้บทเรียนน่าสนใจ

5. ใช้ความสนใจของนักเรียนเป็นจุดเริ่มต้นเป็นแรงดลใจที่จะเรียนด้วยเหตุนี้ ในการจัดการสอนจึงมีการนำเข้าสู่บทเรียนเร้าใจเสียก่อน

6. ควรจะคำนึงถึงประสบการณ์เดิม และทักษะเดิมที่นักเรียนมีอยู่ กิจกรรมใหม่ควรจะต่อเนื่องกับกิจกรรมเดิม

7. เรื่องที่สัมพันธ์กันก็ควรสอนไปพร้อม ๆ กัน เช่น เซตที่เท่ากันกับเซตที่เทียบเท่ากัน ยูเนียนของเซตกับอินเตอร์เซกชันของเซต

8. ให้ผู้เรียนมองเห็นโครงสร้าง ไม่ใช่เน้นแต่เนื้อหา

9. ไม่ควรเป็นเรื่องยากเกินไป ผู้สอนบางคนชอบให้โจทย์ยาก ๆ เกินสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจจะทำให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อน ท้อถอย แต่ถ้าผู้เรียนที่เรียนเก่งก็อาจจะชอบ ควรจะส่งเสริมเป็นรายไป ในการสอนต้องคำนึงถึงหลักสูตรและเลือกเนื้อหาเพิ่มเติมให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมศักยภาพ

10. สอนให้นักเรียนสามารถหาข้อสรุปได้ด้วยตนเอง การยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง จนนักเรียนเห็นรูปแบบจะช่วยให้นักเรียนสรุปได้ อย่าเรียบบอกเกินไป ควรเลือกวิธีการต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหา

11. ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในสิ่งที่ทำได้ ลงมือปฏิบัติจริงและประเมินการปฏิบัติจริง

12. ผู้สอนควรจะมีอารมณ์ขัน เพื่อช่วยให้บรรยากาศในห้องเรียนน่าเรียนยิ่งขึ้น วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนหนัก ครูจึงไม่ควรจะเคร่งเครียด ให้นักเรียนเรียนด้วยความสนุกสนาน

13. ผู้สอนควรจะมีความกระตือรือร้น และตื่นตัวอยู่เสมอ

14. ผู้สอนควรหมั่นแสวงหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อจะนำสิ่งแปลกและใหม่มาถ่ายทอดให้ผู้เรียนและผู้สอนควรจะเป็นผู้ที่มีศรัทธาในอาชีพของตน จึงจะทำให้สอนได้ดี

สิริพร ทิพย์คง (2545, หน้า 110-111) ได้กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ดังนี้

1. สอนจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปหานามธรรม

2. สอนจากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนก่อนสอนสิ่งที่อยู่ไกลตัวนักเรียน

3. สอนจากเรื่องที่ง่ายก่อนการสอนเรื่องที่ยาก

4. สอนตรงตามเนื้อหาที่ต้องการสอน

5. สอนให้คิดไปตามลำดับขั้นตอนอย่างมีเหตุผล

6. สอนด้วยอารมณ์ขัน ทำให้นักเรียนเกิดความเพลิดเพลิน

7. สอนด้วยหลักจิตวิทยา สร้างแรงจูงใจ เสริมสร้างกำลังใจให้กับนักเรียน

8. สอนโดยการนำไปสัมพันธ์กับวิชาอื่น

อัมพร ม้าคนอง (2546, หน้า 8-9) ได้เสนอหลักการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. สอนให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ หรือไว้ความรู้จากคณิตศาสตร์จากการคิดและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับผู้อื่น ใช้ความคิดและคำถามที่นักเรียนสงสัยเป็นประเด็นในการอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลายและเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป

2. สอนให้ผู้เรียนเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหาคณิตศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างคู่อันดับ ความสัมพันธ์และฟังก์ชันของเนื้อหา เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของความสัมพันธ์ ฟังก์ชันและลิมิต ความสัมพันธ์ของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ

3. สอนโดยคำนึงว่าให้นักเรียนเรียนอะไร (What) และเรียนอย่างไร (How) นั้นคือต้องคำนึงถึงทั้งเนื้อหาวิชาและกระบวนการเรียน

4. สอนโดยใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมอธิบายนามธรรมหรือการทำในสิ่งที่เป็นนามธรรมมาก ๆ ให้เป็นนามธรรมที่ง่ายขึ้นพอที่จะจินตนาการได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์บางอย่างสามารถหาสื่อมาอธิบายได้

5. จัดกิจกรรมการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์ และความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

6. สอนโดยการฝึกหัดให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งการฝึกหัดรายบุคคล ฝึกเป็นกลุ่ม การฝึกทักษะย่อยทางคณิตศาสตร์ และการฝึกทักษะรวมเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น

7. สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา สามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงสื่อสารและคิดอย่างสร้างสรรค์ ตลอดจนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและนำไปใช้

8. สอนให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์ในห้องเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

9. ผู้สอนควรศึกษาธรรมชาติและศักยภาพของผู้เรียน เพื่อจะได้จัดกิจกรรมการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน

10. สอนให้ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนคณิตศาสตร์ รู้สึกว่าคณิตศาสตร์ไม่ยากและมีความสนุกสนานในการทำกิจกรรม

11. สังเกตและประเมินการเรียนรู้และความเข้าใจของผู้เรียนในห้อง โดยใช้คำถามสั้น ๆ หรือการพูดคุยปกติ

หลักการสอนคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรจัดการเรียนการสอนที่ตรงตามหลักสูตรและสอนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย ไม่ใช่การท่องจำเพียงอย่างเดียว สอนเป็นลำดับขั้นตอน คำนึงถึงประสบการณ์เดิมของผู้เรียน โดยสอนจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมให้เป็นนามรูปธรรม ไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรมหรือสัญลักษณ์ มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่น่าสนใจทั้งในรูปแบบของเกม ยึดระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการผสมผสานเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ได้ลงมือปฏิบัติฝึกทักษะต่าง ๆ ที่สำคัญ และสามารถหาข้อสรุปได้ตนเอง เพื่อให้การสอนบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้

2. วิธีสอนคณิตศาสตร์

หลักการจัดการเรียนรู้ปัจจุบันตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวดที่ 4 กำหนดแนวทางการจัดการศึกษาในมาตรา 22 ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาธรรมชาติและเต็มศักยภาพ (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 21) ดังนั้น การที่ครูผู้สอนมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ก็จะช่วยให้ครูสามารถจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของนักเรียนได้

การสอนคณิตศาสตร์โดยทั่วไปจะมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ 4 ประการ คือ (สมศักดิ์ โสภณพินิจ, 2543, หน้า 43)

1. ช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถพัฒนาพลังทางคณิตศาสตร์ของตนเอง ดังนั้น หลักสูตรจะต้องเตรียมพร้อมเพื่อเปิดโอกาสให้เด็กได้รับเนื้อหาที่สำคัญเพียงพอกับความต้องการ โครงสร้างของหลักสูตรจะต้องสัมพันธ์กันในแต่ละระดับ และมีความเหมาะสมกับระดับความรู้หรือวัยของผู้เรียน

2. ช่วยสร้างเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ มีโลกทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้คณิตศาสตร์สื่อความหมายได้อย่างเป็นสากล

3. สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานที่ดี ในการเชื่อมโยงกับศาสตร์สาขาอื่น ๆ และสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ

4. เพื่อฝึกฝนและสร้างเสริมประสบการณ์ ซึ่งไม่สามารถจะตัดส่วนผสมอย่างใดอย่างหนึ่งออกไปได้ เช่น การปรุงอาหาร การสอนจำเป็นต้องให้เนื้อหาที่จำเป็นอย่างครบถ้วน ครูต้องพยายามฝึกทุกคนและปลูกฝังพื้นฐานคณิตศาสตร์ให้กับทุกคนได้

สิริพร ทิพย์คง (2545, หน้า 117) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ว่า การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จะประสบผลสำเร็จต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ มาประกอบกัน ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนครูควรพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. จุดมุ่งหมายของวิชาคณิตศาสตร์ การเรียนวิชาคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการ และโครงสร้างคณิตศาสตร์ รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล สามารถให้เหตุผล แสดงความคิดอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน มีความสามารถในการคิดคำนวณไว้อย่างถูกต้อง สามารถแก้ปัญหาและพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ มีความคิดสร้างสรรค์ มีความอดทนขยันหมั่นเพียร เป็นความรักความสะอาด มีระเบียบวินัยในตนเอง มีความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อย่างกว้างขวาง และเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในขั้นสูงหรือวิชาที่ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และช่วยเสริมสร้างความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การรักษาสิ่งแวดล้อม และการอนุรักษ์ธรรมชาติ ตลอดจนตระหนักในคุณค่า และการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

2. เนื้อหา ครูต้องศึกษาเนื้อหาที่จะสอนล่วงหน้า เมื่อทราบว่าจะสอนอะไรโดยศึกษาวัตถุประสงค์ของการสอนเรื่องนั้น ศึกษาเนื้อหานั้นให้เข้าใจอย่างแจ่มแจ้งชัดเจน เตรียมคำถามสำหรับถามนักเรียน เตรียมแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

3. ตัวครู ครูพร้อมหรือไม่สำหรับเนื้อหานั้น ๆ ครูมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการสอนที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหานั้น ๆ หรือไม่ ถ้ามี มีมากน้อยเพียงใด เพราะครูบางคนอาจจะเหมาะสมกับวิธีสอนวิธีใดวิธีหนึ่ง มีความถนัดในวิธีสอนวิธีสอนใดวิธีสอนหนึ่ง

4. ตัวนักเรียน นักเรียนมีความพร้อมหรือไม่ นักเรียนเคยเรียนเรื่องที่ครูจะสอนแล้วหรือยัง มีความรู้พื้นฐานมากน้อยเพียงใด นักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพหรือไม่ นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่ ชอบหรือไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ บางครั้งเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอาจเนื่องมาจากการได้รับฟังความคิดเห็นของพ่อแม่หรือผู้ปกครองที่ว่า “วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก สับสน ตนเองเคยเรียนและไม่เข้าใจเลย” เมื่อนักเรียนได้รับฟังความคิดเห็นดังกล่าวก็จะเกิดความรู้สึกท้อแท้และเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน หรือความรู้สึกไม่อยากเรียน อาจเนื่องมาจากปัญหาทางด้านอารมณ์ มีปัญหาทางด้านสมอง ความสามารถทางสติปัญญาอยู่ในระดับต่ำ เป็นต้น

5. เวลา ครูมีเวลาในการสอนเนื้อหานั้นเพียงพอหรือไม่ ระยะเวลาที่กำหนดให้ในคู่มือครูเท่าไร เพราะเมื่อครูมีเวลาน้อยครูก็จะต้องเร่งสอน ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนเรียนไม่เข้าใจได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถติดตามบทเรียนได้ทัน แต่ถ้าครูมีเวลามากครูสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ดี

6. สื่อการเรียนการสอน โรงเรียนมีสื่อและวัสดุอุปกรณ์โสตทัศนศึกษาต่าง ๆ ให้ครูหยิบยืมได้หรือไม่ หรือครูสามารถผลิตสื่ออุปกรณ์นั้นได้ตนเอง หรือไม่อาจแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ช่วยกันทำสื่อการเรียนการสอนที่นักเรียนสามารถช่วยกันได้

กรมวิชาการ (2545, หน้า 188-192) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. จัดลำดับขั้นตอน

2. เน้นการจัดกิจกรรมตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด

3. เน้นสร้างความคิดรวบยอดโดยสรุปเป็นหลักการและให้ผู้เรียนฝึกทักษะให้เกิดความคล่องแคล่วจัดสถานการณ์ให้นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. มุ่งให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและให้ประสบผลสำเร็จตามลำดับความสามารถของผู้เรียน พร้อมส่งเสริมความเก่งของผู้เรียนและช่วยเหลือความบกพร่องทางการเรียนให้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคล

5. หมั่นตรวจสอบผลการเรียนเป็นระยะ ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนของครู และปรับปรุงวิธีการเรียนของผู้เรียน

6. ควรจัดบรรยากาศในเชิงจิตวิทยาที่เอื้อต่อการเรียนรู้อัน ได้แก่ ความอบอุ่น ความเป็นกันเอง การเสริมแรง การจูงใจ การสนองตอบความต้องการของผู้เรียน

7. จัดกิจกรรมจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม

8. ลำดับจากง่ายไปหายากตามลำดับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแผนภูมิการสอนของบทต่าง ๆ

9. ใช้วิธีการเล่น เรียน สรุป ฝึกทักษะ

10. ใช้วิธีการบอกให้รู้ หนูคิดเอง

11. จัดกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูล สังเกต วิเคราะห์ คิดหาเหตุ ลงมือกระทำ

12. จัดกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนทราบเป้าหมายของการเรียน

13. จัดกิจกรรมโดยให้เหมาะสมกับวัย และระดับความสามารถของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมให้มากที่สุดให้แสดงความคิดเห็นอย่างไรให้สร้างสรรค์

ผลการศึกษาค้นคว้าและงานวิจัยของนักคณิตศาสตร์หลายท่านแสดงให้เห็นว่า การสอนคณิตศาสตร์ให้ได้ผล สามารถช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ดีวิธีหนึ่งคือการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนและรู้จักใช้กลวิธีหรือยุทธวิธีในการแก้ไขปัญหาเมื่อพบโจทย์หรือปัญหาที่ต้องแก้ หรือต้องการหาคำตอบ อันจะเป็นแนวทางให้เขาได้สามารถพัฒนายุทธวิธีเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาจริง ๆ ในชีวิตของเขาได้ตามสมควรต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1. ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการคำตอบซึ่งบุคคลต้องใช้สาระความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์มากำหนดแนวทางหรือวิธการในการหาคำตอบ บุคคลผู้คิดหาคำตอบไม่คุ้นเคยกับสถานการณ์นั้นมาก่อนและไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใด สถานการณ์หรือคำถามข้อใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้คิดหาคำตอบ บางสถานการณ์เป็นปัญหาสำหรับบางคนแต่อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับคนอื่น ๆ ก็ได้ มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 78) ระบุปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาสาระกระบวนการหรือความรู้ที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน และไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที การหาคำตอบจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ ประกอบกัน ความสามารถด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการตัดสินใจ

สิริพร ทิพย์คง (2537, หน้า 57) กล่าวถึงความหมายของปัญหาว่า ปัญหาคือคำถามที่ต้องการคำตอบ และปัญหาของนักเรียนคนหนึ่งอาจจะไม่ใช่ปัญหาของนักเรียนอีกคนหนึ่ง การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ให้ได้มาซึ่งคำตอบ ดังนั้น ในการแก้ปัญหานักเรียนต้องรู้จักการวางแผน รู้จักเลือกความคิดรวบยอด ทักษะการคิดคำนวณ และหลักการ กฎหรือสูตรที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วและนำไปใช้ให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่นักเรียนทุกคนจะต้องรู้ การที่นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาจะช่วยทำให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีระบบ มีขั้นตอนและมีเหตุผล ตลอดจนรู้จักตัดสินใจอย่างรอบคอบ

จากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึงข้อคำถามหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับภาษาและตัวเลขที่ต้องการคำตอบ โดยผู้ตอบจะต้องใช้กระบวนการในการคิดอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยทักษะ การคิด หลักการ กฎเกณฑ์ หรือสูตร ประกอบในการคิดหาคำตอบ

2. ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภท โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งได้รวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

ครูลิคและเรย์ (Krulik & Reys, 1980, p. 24) ได้แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ 5 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่เป็นความรู้ความจำ
2. ปัญหาทางพีชคณิต
3. ปัญหาที่เป็นการประยุกต์ใช้
4. ปัญหาที่หาส่วนที่ขาดหายไป
5. ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์

ชาร์ลและเลสเตอร์ (Charles & Lester, 1982, pp. 6-10) แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์เป็น 6 ประเภท โดยพิจารณาตามเป้าหมายของการฝึก ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น
2. ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple translation problem) เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้ค้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาขั้นตอนเดียว มุ่งให้มีความเข้าใจมโนมติทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ
3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex translation problem) คล้ายกับปัญหาข้อความอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า
4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย ๆ เพื่อความเข้าใจ วางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลคำตอบ
5. ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้ มโนมติและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำ การรวบรวมและการแทนข้อมูล การตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเห็นประโยชน์และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริง
6. ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ บางครั้งต้องใช้วิธีที่ไม่ธรรมดา หรือต้องใช้ความรู้ที่ลึกซึ้ง ปัญหานี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และมีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

บิทเทอร์, แฮทฟิลด์ และเอ็ดเวิร์ด (Bitter, Hatfield, & Edwards, 1989, p. 37) แบ่งปัญหาคณิตศาสตร์เป็น 3 ประเภท โดยพิจารณาตามลักษณะของปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) เป็นปัญหาที่มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ปัญหาเหล่านี้มองว่ากระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ

2. ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery questions) ปัญหาประเภทนี้จะให้คำตอบในขั้นสุดท้าย แต่จะมีวิธีการที่หลากหลายให้ผู้เรียนใช้ในการหาคำตอบ

3. ปัญหาที่กำหนดแนวทางในการค้นพบ (Guided discovery questions) เป็นปัญหาที่เป็นลักษณะร่วมของปัญหา มีเงื่อนไขปัญหา และบอกทิศทางในการแก้ปัญหา ผู้เรียนไม่รู้สึกหมดหวังในการหาคำตอบ

บารูดี (Baroody, 1993, pp. 234-236) แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์เป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาธรรมดา (Routine problem) หรือปัญหาอย่างง่าย หรือปัญหาชั้นเดียว (Simple (one step) Translation problems) เป็นปัญหาที่ใช้ในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างเดียว และสามารถแก้ปัญหานั้นโดยตรง

2. ปัญหาไม่ธรรมดา (Nonroutione problem) แบ่งออกเป็น 7 ลักษณะ ดังนี้

2.1 ปัญหาซับซ้อนหรือปัญหาหลายชั้น (Complex (Multistep) Translaton problems) เป็นปัญหาที่จะต้องประยุกต์ใช้ในการดำเนินทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 2 การดำเนินการขึ้นไปในการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาที่ต้องปรับใช้สิ่งอื่นของปัญหา (Other modification of translation problem) เป็นการรวบรวมปัญหาหลายชั้นและชั้นเดียวแล้วเปลี่ยนเป็นวิธีการอื่น ๆ เพื่อต้องการความคิดวิเคราะห์ ได้แก่ ปัญหาที่ต้องการหาองค์ประกอบที่ผิด หรือสิ่งที่ผิดของโจทย์ ปัญหาที่ต้องการประยุกต์คำตอบ ปัญหาที่ให้ข้อมูลมาก ๆ หรือข้อมูลน้อย ๆ หรือข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี ปัญหาที่ต้องการคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ ปัญหาที่ต้องใช้ความอดทนในการแก้ปัญหา

2.3 ปัญหากระบวนการ (Process problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

2.4 ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นปัญหาที่มีเทคนิคและต้องการความลึกซึ้งเป็นปัญหาเกี่ยวกับกลอุบาย ปัญหาประเภทนี้จะทำให้เกิดความสนุกสนานและท้าทาย

2.5 ปัญหาเฉพาะที่ไม่ระบุเป้าหมาย (Nongoal-specific problem) ปัญหาประเภทนี้มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิด ซึ่งไม่ต้องการหาคำตอบหรือเงื่อนไขคำตอบ

26. ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) ขยายจากสถานการณ์ในชีวิตจริง

2.7 ปัญหายุทธวิธี (Strategy problem) กำหนดจุดมุ่งหมายที่จะต้องแก้ผู้เรียนบางคนอาจจะมุ่งไปที่คำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ แต่ปัญหาประเภทนี้จะช่วยระบุหรือเน้นยุทธวิธีที่จะช่วยทำให้ เข้าใจปัญหา และกระบวนการในการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) ปัญหาธรรมดา คือ ปัญหาที่ไม่มีความยุ่งยากในการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหาอาจไม่ต้องใช้กฎหรือทฤษฎีเข้ามาช่วย 2) ปัญหามีความยุ่งยากสลับซับซ้อนที่ต้องอาศัยกฎ นิยาม ทฤษฎีเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา

3. ความหมายของการแก้ปัญหา

โพลยา (Polya, 1957, pp. 4-5) ได้ให้นิยามของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาเป็นความสามารถพิเศษทางสมอง ซึ่งเป็นพรสวรรค์ของแต่ละบุคคล ทำให้บุคคลนั้นมีความสามารถพิเศษเหนือผู้อื่น

กาเย (Gagne, 1970, p. 63) อธิบายว่า กระบวนการแก้ปัญหาเป็นรูปแบบของการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปและใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความสามารถพิเศษชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้าทั้งหมด

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 1) ระบุว่า ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ความชำนาญรูปแบบพฤติกรรมต่าง ๆ ประสบการณ์เดิม ทั้งจากทางตรง (มีผู้อบรมสั่งสอน) และทางอ้อม (เรียนรู้ด้วยตนเอง) มโนคติ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและจินตนาการ เพื่อหาแนวปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ และการได้มาซึ่งความรู้ใหม่

มัสยา ธิติธนานันท์ (2552, หน้า 35) ทักษะการแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการคิดหาวิธีในการปัญหาอย่างมีแบบแผน เป็นกระบวนการที่มีขั้นตอน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หาทางเลือก วิเคราะห์ไตร่ตรอง และตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดที่จะเอาชนะอุปสรรคหรือปัญหาที่เผชิญอยู่ลุล่วงไปได้

พรรณพร นามโนรินทร์ (2554, หน้า 25-26) ทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกความสำคัญของปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล โดยใช้แหล่งความรู้ผสมผสานกับประสบการณ์จริงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี เลือกทางแก้อย่างสมเหตุสมผล เกิดเป็นความรู้ใหม่ นำไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้

อุทัยวรรณ ธะนะคำมา (2554, หน้า 21) การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการทางความคิดที่ต้องอาศัยความรู้ ความคิดประสบการณ์ วิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ในการพิจารณาโครงสร้างและสภาพการณ์ของปัญหาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

สรุปได้ว่า การแก้ปัญหา คือ การใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดทางเลือกหลาย ๆ ทางสำหรับการแก้ปัญหา คิดคำนวณ คิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบตามสถานการณ์หรือโจทย์ที่กำหนดตามกระบวนการอย่างมีขั้นตอน

4. กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการหรือวิธีการในการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจในมโนมติ หลักเกณฑ์กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ และทักษะ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อนี้

เลอบลานซ์ (Le Blanc, 1977, pp. 17-25) ได้เสนอกระบวนการในการสอนแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

1. การเข้าใจปัญหา ในการที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหา ครูควรถามคำถามเพื่อให้นักเรียนหาว่าอะไรคือข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ให้มา และในที่สุดนักเรียนจะต้องทราบว่าปัญหาถามอะไร

2. ครูนำอภิปรายในการแก้ปัญหา ครูเสนอแนะกลวิธีที่เป็นไปได้ให้นักเรียนดู จากนั้นให้นักเรียนตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่ง

3. ลงมือแก้ปัญหา กลวิธีที่คิดไว้ในขั้นที่ 2 จะถูกนำออกมาใช้ บางครั้งแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 อาจจะนำไปสู่คำตอบได้ ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นนักเรียนจะต้องย้อนกลับไปสู่ขั้นที่ 2 อีก

4. ทบทวนปัญหาและคำตอบ ขั้นนี้เป็นขั้นที่สำคัญมากที่สุด โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกเป็นการมองขั้นตอนต่าง ๆ ย้อนกลับ และลักษณะที่สองเป็นการขยายสถานการณ์ปัญหาเพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป

เทราท์แมนและลิชเบิร์ก (Troutman & Lithtenberg, 1995, pp. 4-7) ได้เสนอแนะกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมี 6 ขั้นตอนซึ่งพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาไม่เพียงแต่ทำความเข้าใจปัญหาที่ปรากฏในปัญหาเท่านั้น แต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการทำความเข้าใจปัญหา คือ การตั้งคำถามตนเองเพื่อให้เข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง

2. ขั้นกำหนดแผนในการแก้ปัญหา ต้องกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนในการแก้ปัญหาหลาย ๆ แผนเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ จะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและเลือกแผนที่คิดว่าน่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาลงมือตามแผนที่กำหนดไว้ซึ่งมีข้อแนะนำให้ทำงานเป็นกลุ่ม คำตอบของแต่ละคนที่คิดได้จะสามารถนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกัน ทำให้ได้เรียนรู้สิ่งที่แปลกใหม่จากเพื่อน ๆ แต่ถ้าทุกคนในกลุ่มใช้แผนในการแก้ปัญหาเดียวกัน ทั้งกลุ่มก็จะได้มีโอกาสช่วยเหลือกันแก้ปัญหาอย่างรอบคอบ ในการแก้ปัญหาอาจแบ่งงานให้เป็นส่วน ๆ โดยให้แต่ละคนได้มีส่วนรับผิดชอบแล้วนำมาประกอบกัน จะทำให้งานของกลุ่มมีความสมบูรณ์และเสร็จลุล่วงได้เร็วขึ้น

4. ประเมินแผนและคำตอบ เป็นการพิจารณาว่าคำตอบมีความเป็นไปได้หรือสมจริงหรือไม่ ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่

5. การขยายปัญหา โดยผู้แก้ปัญหาต้องค้นหารูปแบบทั่วไปของคำตอบการขยายปัญหาจะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถทำได้โดยเขียนปัญหาที่คล้ายกับปัญหาเดิม แต่อาจเพิ่มข้อมูลบางอย่างหรือเพิ่มความซับซ้อนให้มากขึ้นก็ได้

6. การบันทึกการแก้ปัญหา นักแก้ปัญหาที่ดีจะมีการจดจำบันทึกการทำงานของเขาไว้เพื่อจะได้สามารถรื้อฟื้นหรือทบทวนความพยายามของเขาได้ การจดบันทึกเป็นการเก็บข้อมูลจากการร่วมคิด ร่วมทำ จะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ครูลิคและรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1996, pp. 5-6) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการอ่านและคิดเป็นขั้นการวิเคราะห์ปัญหา การตรวจสอบข้อเท็จ และการประเมินผลการเชื่อมโยงทุกส่วนของปัญหา

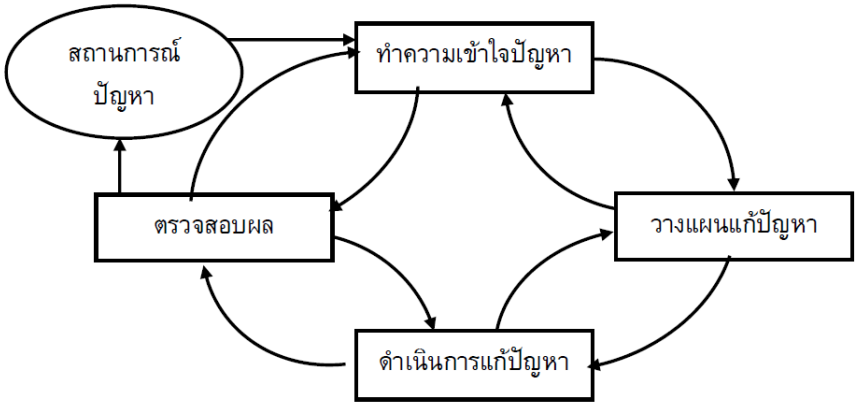
2. ขั้นการสำรวจปัญหาและวางแผนแก้ไข เป็นการวางแผนเพื่อหาคำตอบโดยการจัดลำดับ ข้อมูลข่าวสาร พิจารณาถึงความพอเพียงของข้อมูล จัดข้อมูลในรูปของตาราง การสร้างข้อสรุป สร้างรูปแบบ

3. ขั้นคัดเลือกกลวิธี เป็นขั้นที่คนส่วนใหญ่เห็นว่ามีความยากกว่าทุกขั้นตอน โดยการเลือกกลวิธีที่เหมาะสมกับปัญหา

4. ขั้นหาคำตอบ เป็นขั้นใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ เพื่อหาคำตอบ เช่น ใช้การประมาณค่าหรือใช้เครื่องคำนวณ

5. ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล โดยการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ได้ตอบคำถามของโจทย์ครบถ้วนหรือไม่ และคำตอบที่ได้อธิบายเหตุผลอย่างเพียงพอหรือไม่

วิลสัน, เฟอร์นันเดส และฮาดาเวย์ (Wilson, Fernandez., & Hadaway, 1993, p. 60) ได้ร่วมกันพัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่สนับสนุนกระบนการแก้ปัญหาของโพลยาในรูปแบบที่แสดงความเป็นพลวัต มีลำดับไม่ตายตัว สามารถวนไปเวียนมาได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต ตามแนวคิดของวิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1993)

จากกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตในภาพที่ 2 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อเผชิญสถานการณ์ที่เป็นปัญหานักเรียนจะต้องเริ่มทำความเข้าใจกับปัญหาก่อน หลังจากนั้นวางแผนแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหานั้น แล้วดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ จนกระทั่งสามารถค้นหาคำตอบได้ สุดท้ายพิจารณาความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา สำหรับทิศทางลูกศรนั้น เป็นการพิจารณาหรือตัดสินใจที่จะเคลื่อนการกระทำจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรือพิจารณาย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าเมื่อมีปัญหาหรือข้อสงสัย เช่น เมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา และคิดว่ามีความเข้าใจปัญหาดีแล้ว ก็เคลื่อนการกระทำไปสู่ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 3 แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ นักเรียนก็อาจย้อนกลับไปเริ่มวางแผนใหม่ในขั้นที่ 2 หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ในขั้นที่ 1 ก็ได้

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์กัน

5. กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

จอร์จ โพลยา (George Polya) เกิดในประเทศฮังการี ได้รับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยบูดาเปสต์ ในการศึกษาของท่าน ท่านสนใจเกี่ยวกับกระบวนการค้นพบ มีความคิดว่า

การที่จะเข้าใจทฤษฎีนั้น ประการแรกจะต้องทราบว่าทฤษฎีนั้นค้นพบขึ้นมาได้อย่างไร ดังนั้น การสอนของท่านจึงเน้นกระบวนการค้นพบมากกว่าการพัฒนาทักษะ

โพลยามีผลงานทางด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปมากกว่า 250 บทความ มีหนังสือมากกว่า 3 เล่ม ที่กล่าวถึงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หนังสือที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่มีชื่อเสียงของท่านชื่อ "How to Solve It" เป็นหนังสือที่ได้รับการแปลเป็นภาษาต่าง ๆ ทั่วโลก ไม่น้อยกว่า 15 ภาษา ในหนังสือนี้กล่าวถึงขั้นตอนทั้งสี่ขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ข้อแนะนำซึ่งเป็นประโยคในการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา นับว่ามีอิทธิพลต่อนักคณิตศาสตร์ศึกษาในปัจจุบันมาก

โพลยา (Polya, 1980, p. 1) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการหาวิธีการหรือทางออกในสิ่งที่ยุ่งยาก สิ่งที่เป็นอุปสรรคซึ่งไม่สามารถจะคิดหาคำตอบได้ในทันทีทันใด การแก้ปัญหาเป็นผลสำเร็จของสติปัญญาซึ่งเป็นความสารถเฉพาะบุคคล

ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์มี 2 ประเภท โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหาดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to find) เป็นปัญหาในการค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ เป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้ และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์ พิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหา และความซับซ้อนของปัญหา

โพลยา (Polya, 1957, pp. 16-17) กล่าวถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาว่า ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนสำคัญยิ่ง เพราะเป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหา ถ้าเริ่มต้นถูกทางย่อมมีโอกาสที่จะแก้ปัญหาได้ ในขั้นนี้ผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจส่วนสำคัญต่าง ๆ ของปัญหาอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ได้แก่ ข้อมูล เงื่อนไขและสิ่งที่ต้องค้นหาหรือพิสูจน์ ผู้เรียนอาจใช้วิธีเขียนรูป เขียนแผนภาพ หรือแจงสาระต่าง ๆ ของปัญหาโดยใช้ถ้อยคำของตนเอง การทำความเข้าใจปัญหา คือการพยายามหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

- ความหมายของคำศัพท์สำคัญในปัญหาคืออะไรบ้าง
- การแปลงปัญหาตั้งต้นให้เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ ทำได้อย่างไร
- สิ่งที่กำหนดให้ในปัญหามีอะไรบ้าง

- เป้าหมายของปัญหาคืออะไร

- ข้อมูลในปัญหามีเพียงพอหรือไม่

- ปัญหานี้คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยทำได้มาแล้วหรือไม่

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวางแผน อาจใช้การทดลอง ลองผิดลองถูก ค้นหารูปแบบที่คล้ายกับที่เคยทำมาโดย ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีอยู่ กำหนดเป็นวิธีการและเทคนิคในการแก้ปัญหา อาจเลือกใช้วิธีการใด วิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา อาทิ พยายามแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องก่อน เดาและทดสอบใช้ตัวแปร ใช้เหตุผลโดยตรงและโดยอ้อม สร้างตาราง แก้สมการ ค้นหาสูตรทดลองสร้างสถานการณ์จำลองและเปลี่ยนโจทย์จากประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของยุทธวิธีแก้ปัญหา การเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจนแล้วลงมือปฏิบัติจนหาคำตอบได้ ผู้เรียนอาจคิดย้อนกลับไปขั้นที่ 1 แล้วค้นหายุทธวิธีใหม่ในการแก้ปัญหา คำถามต่อไปนี้ใช้ตรวจสอบและควบคุมการคิดของผู้เรียนในระหว่างดำเนินการตามแผน

- ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เลือกมานั้นทำให้ได้คำตอบภายใต้เงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ หรือทำให้ได้ผลบางประการอันนำไปสู่การเลือกยุทธวิธีใหม่หรือไม่

- เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหมาะสมหรือไม่

ถ้าผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่เหมาะสม ผู้เรียนสามารถทำคำแนะนำจากผู้อื่น หรือวางปัญหานั้นไว้ก่อน แล้วกลับมาคิดใหม่ภายหลัง ความคิดอาจจะแล่นและแก้ปัญหาได้ การไม่ท้อแท้ที่จะเริ่มต้นใหม่แม้แก้ปัญหาไม่ได้ ทุกครั้งที่เริ่มต้นใหม่จะพบความคิดใหม่จากการใช้ยุทธวิธีใหม่เสมอ

ขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบผล (Looking back) คือ การพิจารณาว่าการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้เรียบร้อยครบถ้วนทุกกรณีที่เป็นไปได้หรือไม่ คำตอบที่ได้เป็นสิ่งที่เป็นไปได้หรือไม่ได้อย่างไร โดยการตรวจคำตอบหรือการมองย้อนกลับนอกจากจะช่วยให้พบข้อบกพร่องที่อาจมีอยู่ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้แก้ปัญหาเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาให้ดีขึ้นกว่าเดิม สามารถขยายวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม โดยพิจารณาว่าคำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ ตรวจสอบคำตอบถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็ปรับปรุงคำตอบให้ถูกต้อง มองหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่า สั้นกว่า และสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่

นอกจากกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอนแล้ว โพลยา (Polya, 1957, pp. 4-40) ได้เสนอแนะยุทธวิธีที่สำคัญในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ยุทธวิธีเดาและตรวจสอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหากำหนดให้ ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องนำมาใช้เป็นกรอบในการเดาคำตอบของปัญหา แล้วตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าไม่ถูกต้องก็คาดเดาใหม่ โดยอาศัยความไม่ถูกต้องของการเดาในครั้งแรก ๆ ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างกรอบในการเดาครั้งต่อไปที่มีความชัดเจนขึ้น และเข้าถึงคำตอบของปัญหาได้เร็วขึ้น การเดาต้องเดาอย่างมีเหตุผล มีทิศทางเพื่อให้สิ่งที่เดานั้นเข้าใกล้คำตอบที่ต้องการมากที่สุด

2. ยุทธวิธีประมาณคำตอบ ในปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณ อาจใช้การประมาณค่าจำนวนต่าง ๆ ในการหาคำตอบ ที่มีค่าใกล้เคียงจำนวนเต็มหน่วยต่าง ๆ แล้วแต่กรณี จากการคิดคำนวณอย่างคร่าว ๆ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ค่อนข้างรวดเร็วกว่าการคิดคำนวณต่าง ๆ บันทึกคำตอบที่ได้จากการประมาณนี้ไว้ จะช่วยให้มองเห็นภาพของคำตอบที่ต้องการ สามารถนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากการคำนวณตามปกติ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ

3. ยุทธวิธีเขียนภาพหรือแผนภาพ ศักยภาพในการแก้ปัญหาของนักเรียนมีข้อจำกัดจนกระทั่งเมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับสัญลักษณ์และภาษาทางคณิตศาสตร์ เด็กเล็กค่อนข้างมีความลำบากในการใช้สัญลักษณ์เพื่อแก้ปัญหา ทางเลือกที่ดีทางหนึ่งที่เป็นรูปธรรมกว่าคือการใช้แผนภาพช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้แก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น และบางครั้งสามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากเขียนภาพหรือแผนภาพนั้น

4. ยุทธวิธีสร้างตัวแบบ ตัวแบบพบอยู่มากมายในคณิตศาสตร์ บางทีก็ใช้เป็นตัวแทนของมโนมติและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การนำตัวแบบเป็นประโยชน์ในการแนะนำสาระใหม่ในการช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจมโนมติ ตัวแบบมีประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้ใช้สิ่งต่าง ๆ ในการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ปัญหา

5. ยุทธวิธีลงมือปฏิบัติ การลงมือทำเป็นยุทธวิธีในการแก้ปัญหาประเภทหนึ่งที่เป็นไปตามธรรมชาติ โดยปกติการทำคร่าว ๆ ก่อน ไม่เน้นความละเอียดและประณีต เพื่อให้เห็นภาพรวมของงานที่ทำ เป็นยุทธวิธีที่ดีที่ทำให้นักเรียนได้คิดผ่านการกระทำ และทำให้มองเห็นภาพของสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย

6. ยุทธวิธีแจกแจงรายการ การแจกแจงรายการเป็นการนำเสนอสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ได้แก่ ข้อมูลที่กำหนดกรณีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่กำหนด โดยนำเสนอให้เป็นระบบ มีระเบียบ ครบถ้วนเป็นหมวดหมู่ ป้องกันการเสนอซ้ำซ้อน อาจนำเสนอในรูปตารางเพื่อให้

การพิจารณาใช้ประโยชน์จากข้อมูลทำได้สมบูรณ์ การแจกแจงอาจนำเสนออย่างครบถ้วนทุกประเด็น เมื่อมีกรณีต่าง ๆ ที่จะนำเสนอมีจำนวนจำกัด หรืออาจนำเสนอเพียงบางรายการที่จำเป็นและเพียงพอต่อการหาคำตอบของปัญหา

7. ยุทธวิธีสร้างตาราง เป็นการจัดกระทำกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้เป็นระบบมีระเบียบ โดยนำมาเขียนลงในตาราง ช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบที่ต้องการ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาสามารถใช้ยุทธวิธีสร้างตารางร่วมกับยุทธวิธีอื่น

8. ยุทธวิธีค้นหาแบบรูป แบบรูปเป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่แล้วในธรรมชาติและเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น แบบรูปเป็นสาระสำคัญที่เด่นชัดในคณิตศาสตร์ การค้นหาและใช้แบบรูปสามารถประยุกต์ได้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เด็กเล็ก ๆ สามารถค้นหาและพรรณนาแบบรูปได้จากการร้อยลูกปัด การเล่นไม้บล็อก และแม้กระทั่งการเล่นตีกลองในระดับประถมศึกษาเด็กสามารถค้นหาและอธิบายแบบรูปของจำนวน นักเรียนที่มีวุฒิภาวะสูงกว่าจะทำกิจกรรมแบบรูปที่เป็นนามธรรมและมีความซับซ้อนได้มากกว่า

9. ยุทธวิธีเปลี่ยนมุมมอง การเปลี่ยนมุมมองดูเหมือนว่าเป็นแนวทางของการคิดมากกว่าที่จะเป็นยุทธวิธี ยุทธวิธีนี้บางทีเรียกว่า “หยุดคิดก่อน” เพราะว่าผู้แก้ปัญหา ต้องหยุดคิดมองปัญหาให้รอบด้าน หาวิธี หามุมมองของปัญหาใหม่ ซึ่งอาจแปลกแยกไปจากวิธีปกติธรรมดา

10. ยุทธวิธีนึกถึงปัญหาที่คล้ายกัน เมื่อเผชิญกับปัญหาสิ่งหนึ่งที่ผู้แก้ปัญหาควรกระทำคือการพิจารณาว่าปัญหานี้คล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่ หรือมีบางส่วนของปัญหาคล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อน ผู้แก้ปัญหาต้องคิดทบทวนถึงวิธีการหรือยุทธวิธีที่เคยใช้แล้วพิจารณาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

11. ยุทธวิธีทำปัญหาให้ง่ายหรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย บางครั้งอาจดูเหมือนเป็นปัญหาใหญ่อาจเป็นด้วยขนาดของจำนวน หรือความซับซ้อนของปัญหา การทำปัญหาให้ง่ายลงจะช่วยสามารถทำให้กำหนดแนวคิดในการแก้ปัญหา และนำแนวคิดนั้นมาใช้แก้ปัญหาที่กำหนดได้ วิธีการหนึ่งที่ทำให้ง่ายคือการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วน ๆ หรือเริ่มต้นด้วยปัญหาที่มีระดับความซับซ้อนน้อยลง

12. ยุทธวิธีใช้ตัวแปร การแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้กระทำโดยสมมติตัวแปรแทนจำนวนที่ไม่ทราบค่า สร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดกับตัวแปรที่สมมติขึ้นแล้วพิจารณาหาคำตอบของปัญหาจากความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้น ปัญหาบางปัญหาสามารถสร้างความสัมพันธ์ในรูปสมการที่สอดคล้องกับปัญหาได้ การแก้ปัญหาลักษณะนี้ทำได้โดยการแก้สมการแล้วพิจารณาความเป็นไปได้จากคำตอบของสมการนั้น

13. ยุทธวิธีให้เหตุผล การให้เหตุผลในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการใช้ข้อมูลต่าง ๆ ที่กำหนดในปัญหา ผนวกกับข้อความรู้ที่ทราบมาก่อน เป็นเหตุบังคับไปสู่ผลซึ่งเป็นคำตอบของปัญหา ยุทธวิธีให้เหตุผลมักใช้ร่วมกับยุทธวิธีอื่น ๆ

14. ยุทธวิธีทำย้อนกลับ เป็นยุทธวิธีเฉพาะซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาบางปัญหาที่การแก้ปัญหาเริ่มต้นจากสิ่งที่ปัญหากำหนดให้แล้วเชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่ปัญหาต้องการทำได้ค่อนข้างยาก แต่ว่าการเริ่มต้นพิจารณาจากสิ่งที่ปัญหาต้องการแล้วหาความเชื่อมโยงย้อนกลับไปสู่สิ่งที่ปัญหากำหนดให้ทำได้ง่ายกว่า เป็นยุทธวิธีที่มีคุณค่าสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้ เป็นวิธีการที่ชาญฉลาด ในการช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการให้เหตุผล เป็นยุทธวิธีที่ใช้การคิดวิเคราะห์จากผลไปหาเหตุ

การแก้ปัญหานั้นควรจะคำนึงถึงเรื่องต่าง ๆ เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา คือ พยายามทำความเข้าใจปัญหาหรือโจทย์ปัญหา มองหารูปแบบในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่กำหนดให้รวมถึงเงื่อนไขต่าง ๆ แล้ววางแผนออกมาว่าจะทำอย่างไร ลงมือทำตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เมื่อแก้ปัญหาได้สำเร็จแล้วต้องประเมินตรวจสอบผลที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่ หากมีข้อบกพร่องผิดพลาดติดขัดตรงไหนก็จะได้แก้ไขปัญหานั้นให้หมดไป และเราสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานี้ไปพิจารณาแก้ปัญหาใหม่ที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้ได้ ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดฝึกคิดเป็นกระบวนการ การคิดวิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันการคิดคำนวณ การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันและสามารถตรวจสอบคำตอบของโจทย์ได้ โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back)

5. การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

โพลยา (Polya, 1957, pp. 5-40) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	หลังจากอ่านโจทย์แล้วจะบอกได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร ให้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับ
ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	สามารถสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	พิจารณาความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

ชาร์ลส์, เลสเตอร์ และโอดาฟเฟอร์ (Charles, Lester, & O'Daffer, 1987, pp. 15-61) ได้เสนอวิธีการประเมิน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ประการ คือ 1) การสังเกตและการถามนักเรียน (Observing and questioning) 2) การประเมินโดยใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน (Using self-assessment data from student) 3) การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric scoring) และ 4) การใช้แบบทดสอบ (Using test) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกตและการถามนักเรียน (Observing and questioning) เป็นการประเมินที่กระทำขณะที่นักเรียนกำลงลงมือแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถระบุเป็นคะแนนได้ ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ความเชื่อและเจตคติการสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตไว้ เพราะการจำอย่างเดียวอาจทำให้หลงลืมได้เนื่องจากครูมีเวลาจำกัดในการจดบันทึก ดังนั้น ก่อนเข้าสู่บทเรียนครูต้องเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมินและเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้า แบบตรวจสอบรายการแล้วจดบันทึกสิ่งที่สังเกตโดยการทำเป็นจุดหรือเครื่องหมายไว้และต้องบันทึกทันทีทันใดภายหลังการสังเกต

2. การประเมินโดยใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน (Using self-assessment data from student) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินผลการแก้ปัญหาวิธีนี้จะมีประโยชน์มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความซื่อตรงที่นักเรียนรายงาน หรือบันทึกออกมาถึงความรู้สึกความเชื่อความตั้งใจและความคิดของนักเรียนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนด ข้อมูลการวัดผลของนักเรียนจะถูกรวบรวมไว้ในสมุดรายงานที่นักเรียน ต้องเขียนเล่าประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาภายหลังจากที่แก้ปัญหาเสร็จ ครูสามารถใช้สมุดรายงานของนักเรียนในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาได้และยังวิเคราะห์ความสามารถ ในการแก้ปัญหาในภาพรวมได้อีกเมื่อสิ้นภาคเรียนและสิ้นปีการศึกษา การประเมินตนเองแบ่ง ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การประเมินตนเองแบบนี้ทำได้หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาเสร็จใหม่ ๆ ให้นักเรียนหวนนึกถึงประสบการณ์ขณะที่กำลังแก้ปัญหา แล้วเขียนอธิบายว่าตนเองคิดอย่างไรในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

2.2 การให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการรายงานหรือบันทึกประสบการณ์แก้ปัญหา เป็นชุดของข้อคำถามที่ให้นักเรียนตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติต่อการแก้ปัญหาของตนเอง

3. การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric scoring) เป็นการประเมินจากการเขียนแสดงขั้นตอนการคิดของนักเรียน โดยรูบริคเป็นข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากระดับที่ยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา ซึ่งผู้สอนสามารถออกแบบให้เหมาะสมกับผู้เรียนของตนเองได้ แบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

3.1 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์เป็นวิธีการประเมินที่กำหนดค่าคะแนน โดยพิจารณาแยกแยะจากขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังนั้น ขั้นตอนแรกของการพัฒนาสเกลการให้คะแนนของการวิเคราะห์ คือ การกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ครูต้องการประเมิน ขั้นตอนที่สอง คือ การกำหนดพิสัยของคะแนนที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละขั้นตอน ตัวอย่าง การให้คะแนนแบบวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ Charles et al. (1987, p. 30)

รายการประเมิน	**คะแนน (ระดับคุณภาพ)**	**เกณฑ์การพิจารณา**
1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	- นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
	1	- นักเรียนเข้าใจปัญหาผิดบางส่วน
	0	- นักเรียนเข้าใจปัญหาผิดทั้งหมด
2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	2	- การวางแผนของนักเรียนนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง ถ้าดำเนินการได้อย่างถูกต้อง
	1	- การวางแผนของนักเรียนบางส่วนถูกต้อง ขึ้นอยู่กับส่วนหนึ่งของปัญหาที่ตีความได้อย่างถูกต้อง
	0	- นักเรียนไม่มีความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา หรือวางแผนไม่เหมาะสมโดยสิ้นเชิง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
3. ขั้นได้คำตอบ	2	- คำตอบถูกต้อง
	1	- การคัดลอกผิดพลาด การคำนวณผิดพลาด หรือตอบคำถามถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	0	- ไม่มีคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ขึ้นอยู่กับการวางแผนที่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ก, หน้า 104-106)

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหาเลย
2. ขั้นเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา
	2 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่เหมาะสมกับประเด็นของปัญหา
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่สามารถแก้ปัญหาได้
3. ขั้นเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา
	2 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่เหมาะสม หรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่สามารถแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4. การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน
	2 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่อย่างถูกต้องหรือไม่ แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
5. ขั้นสรุปคำตอบ	3 (ดี)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2 (พอใช้)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- ไม่มีการสรุปคำตอบหรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

สิริพร ทิพย์คง (2545, หน้า 113-114) ได้เสนอเกณฑ์แนวทางการประเมินการแก้ปัญหาดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

2 หมายถึง สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับความเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง

0 หมายถึง เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย

2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 หมายถึง สำหรับการแก้เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและเขียนประโยคคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องแต่ยังมีบางส่วนผิดโดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

0 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 หมายถึง สำหรับการยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง

1 หมายถึง สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหาบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง

0 หมายถึง สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

2 หมายถึง สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์

1 หมายถึง สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด

0 หมายถึง เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

3.2 การให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการให้คะแนนที่เน้นภาพรวมของคำตอบไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น จะไม่กำหนดคะแนนแยกแยะลงไปเป็นขั้น ๆ ของกระบวนการคิดแต่ละกำหนดน้ำหนักคะแนนสำหรับภาพรวมของคำตอบทั้งหมด ดังนั้น การให้คะแนนแบบองค์รวมจึงเป็นการประเมินที่เหมาะสมการประเมินที่มีสเกลใหญ่ ๆ และต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ ตัวอย่าง การให้คะแนนแบบองค์รวม แสดงดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2555 ก, หน้า 127-128)

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	**เกณฑ์การพิจารณา**
4 (ดีมาก)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง - สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์
3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหานำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสม หรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง แนะนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา - ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม (Charles et al., 1987, p. 35)

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	- ส่งกระดาษเปล่า - ลอกโจทย์ซ้ำ โดยไม่ปรากฏวิธีการคิด หรือร่องรอยการคิด - เขียนเฉพาะคำตอบ แต่เป็นคำตอบที่ผิดโดยไม่แสดงวิธีทำ
1	- มีการแสดงวิธีหาคำตอบ ซึ่งมีสิ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจปัญหา แต่เลือกใช้ยุทธวิธีไม่ถูกต้อง - เลือกใช้ยุทธวิธีที่ไม่ถูกต้องและไม่มีการเปลี่ยนไปใช้ยุทธวิธีอื่น - พยายามแก้ปัญหาย่อย ๆ แต่ไม่สำเร็จ
2	- เลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม และไม่สามารถหาคำตอบได้แต่มีร่องรอย แสดงให้เห็นว่า ทำความเข้าใจปัญหาถูกต้อง - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้คำตอบหรือนำยุทธวิธีไปใช้ผิดทำให้คำตอบผิด - หาคำตอบของปัญหาย่อย ๆ จากปัญหาที่กำหนดให้ได้แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อจนสำเร็จได้ - หาคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่แสดงวิธีทำ

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	- ส่งกระดาษเปล่า - ลอกโจทย์ซ้ำ โดยไม่ปรากฏวิธีการคิด หรือร่องรอยการคิด - เขียนเฉพาะคำตอบ แต่เป็นคำตอบที่ผิดโดยไม่แสดงวิธีทำ
1	- มีการแสดงวิธีหาคำตอบ ซึ่งมีสิ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจปัญหา แต่เลือกใช้ยุทธวิธีไม่ถูกต้อง - เลือกใช้ยุทธวิธีที่ไม่ถูกต้องและไม่มีการเปลี่ยนไปใช้ยุทธวิธีอื่น - พยายามแก้ปัญหาย่อย ๆ แต่ไม่สำเร็จ
2	- เลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม และไม่สามารถหาคำตอบได้แต่มีร่องรอย แสดงให้เห็นว่า ทำความเข้าใจปัญหาถูกต้อง - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้คำตอบหรือนำยุทธวิธีไปใช้ผิดทำให้คำตอบผิด - หาคำตอบของปัญหาย่อย ๆ จากปัญหาที่กำหนดให้ได้แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อจนสำเร็จได้ - หาคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่แสดงวิธีทำ
3	- เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้แต่เข้าใจปัญหาบางส่วนผิด หรือ ละเลยเงื่อนไขบางอย่างในสถานการณ์ปัญหา - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ 1) คำตอบผิดโดยไม่มีเหตุผลปรากฏ 2) คำตอบผิด เพราะคำนวณผิดพลาด 3) ไม่ปรากฏคำตอบ
4	- เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ หรือคิดคำนวณผิด - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและได้คำตอบที่ถูกต้อง

3.3 การให้คะแนนจากความประทับใจทั่วไป เป็นการให้คะแนนโดยใช้ความประทับใจทั่วไป ซึ่งมีเกณฑ์ที่แน่นอนชัดเจนจากผู้ประเมินที่มีประสบการณ์สูงหรือ ผู้เชี่ยวชาญ

4. การใช้แบบทดสอบ (Using test) แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 2 ประเภท ได้แก่

4.1 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะมีตัวเลือกหลาย ๆ ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกตอบตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

4.2 แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นช่องว่างไว้เพื่อให้นักเรียนนำค่าตัวเลขวลีหรือประโยคที่ถูกต้อง เติมลงในช่องว่าง

4.3 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้เขียนตอบอย่างเสรี ซึ่งการสร้างแบบทดสอบต้องเขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร คำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายไม่เท่ากัน (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557, หน้า 40)

Kulm (1994, pp. 19-37) ได้เสนอแนวทางการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเขาได้มีส่วนร่วมแสดงผลงานวิชาการที่ได้จากประสบการณ์ในการสอนของเขา โดยใช้กิจกรรมการตั้งปัญหาในโรงเรียนมัธยม ซึ่งสังเกตเห็นนักเรียนจำนวนมาก ขาดโอกาสในการกำหนดปัญหา แต่เขาเชื่อว่านักเรียนสามารถตั้งปัญหาขึ้นมาได้หากพวกเขาทำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ในแต่ละสัปดาห์นักเรียนในชั้นเรียนของเขาได้รับคำสั่งให้ตั้งปัญหาสำหรับคู่หูของพวกเขาและแก้ปัญหาของตนเอง ตามเกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการ ตามตารางที่ 7 ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบปัญหาที่ตั้งขึ้น ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความเข้าใจแนวคิดการแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์และวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละคู่ นักเรียนที่ได้คะแนน 1, 2 หรือ 4 คะแนนสำหรับแต่ละเกณฑ์การประเมิน แม้ว่าเกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินองค์ประกอบพื้นฐานของการเรียนรู้ของนักเรียนยังคงมีอีกจำนวนมาก สำหรับการปรับปรุงเพื่อขยายเป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่ครอบคลุมมากขึ้นและเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวมที่มีประสิทธิภาพสามารถวัดช่วงความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการ

เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการ			
ทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด	**วิธีการแก้ปัญหา**	**ความคิดสร้างสรรค์ของปัญหา**	**การแก้ปัญหาของคู่หู**
4: ทำความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์	4: ถูกต้องทั้งหมด	4: ประเด็นสมบูรณ์ที่แตกต่างจากข้อความ	4: ถูกต้องทั้งหมด
2: ทำความเข้าใจถูกต้องบางส่วน	2: ถูกต้องบางส่วน	2: ค่อนข้างที่แตกต่างจากข้อความ	2: ถูกต้องบางส่วน
1: ไม่เข้าใจ	1: ไม่พยายามแก้ปัญหา	1: เปรียบได้กับประเภทในข้อความ	1: ไม่พยายามแก้ปัญหา

จากแนวคิดที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาจะเน้นให้ผู้เรียนรู้จักปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและประเมินผลที่สอดคล้องกับสภาพเป็นจริง (Authentic assessment) รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกฝนกระบวนการแก้ปัญหาโดยการใช้แบบทดสอบกระตุ้น ซึ่งข้อคำถามอาจทำได้โดยเสนอสถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อมูลให้ผู้เรียนพิจารณาแก้ปัญหาโดยพิจารณาตามความสมบูรณ์ของคำตอบในประเด็นนั้น ๆ ในแบบทดสอบวัดการคิดแก้ปัญหานั้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ โดยสร้างจากพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และพิจารณาจากตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา คือ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) ซึ่งความสามารถดังกล่าวได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	**คะแนน**	**เกณฑ์การพิจารณา**
1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องและครบถ้วน
	1	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องบางส่วน หรือไม่ครบถ้วน
	0	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ทำเลย
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	2	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสมสอดคล้องกับปัญหา และสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	1	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมกับประเด็นของปัญหาและสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	0	- นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3. ขั้นดำเนินการตามแผน	4	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสรุปคำตอบได้อย่างชัดเจนและครบถ้วน
	3	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่สรุปคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วน
	2	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนหรือมีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาบ้างแต่ไม่สำเร็จ
	1	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาเลย
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้หรือแสดงวิธีการแก้ปัญหาผิด
4. การตรวจสอบผล	1	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ชัดเจน ถูกต้อง
	0.5	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้หรือไม่มีการแสดงวิธีการตรวจคำตอบ

การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ

1. ความหมายของแบบทดสอบ

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542, หน้า 72) ให้ความหมาย แบบทดสอบว่า เป็นวิธีการเชิงระบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของบุคคลตั้งแต่ สองคนขึ้นไป ณ เวลาหนึ่ง หรือของบุคคลคนเดียวหรือหลายคนในเวลาต่างกัน

บราวน์ (Brown, n.d. อ้างถึงใน บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542, หน้า 72) ให้ความหมายแบบทดสอบว่า เป็นวิธีการเชิงระบบที่ใช้สำหรับวัดตัวอย่างพฤติกรรม ตามความหมายแบบทดสอบจะมีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ

1. แบบทดสอบเป็นวิธีเชิงระบบ (Systematic procedure) หมายความว่า แบบทดสอบนั้นจะต้องมีกฎเกณฑ์แน่นอนเกี่ยวกับโครงการการบริหารจัดการและการให้คะแนน

2. แบบทดสอบเป็นเป็นการวัดพฤติกรรม (Behaviors) ซึ่งจะวัดเฉพาะพฤติกรรมที่วัดได้เท่านั้น โดยผู้ตอบสนองตอบต่อข้อคำถามที่กำหนดให้ มิใช่เป็นการวัดโดยตรง

3. แบบทดสอบเป็นเพียงส่วนหนึ่งของพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้งหมด (Sample of all possible items) ตามความเป็นจริง ไม่มีแบบทดสอบชุดใดที่จะมีข้อคำถามวัดพฤติกรรมที่ต้องการได้ทั้งหมด ฉะนั้นจึงต้องตกลงว่าข้อคำถามในแบบทดสอบเป็นตัวแทนของข้อคำถามทั้งหมดที่ใช้วัดพฤติกรรมนั้น และถ้าผู้ตอบ ตอบข้อคำถามใด คำถามหนึ่งถูก จะต้องให้คะแนนเท่ากัน

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 233-238) กล่าวถึงแบบทดสอบ (Test) หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดค่าของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง โดยมีคำตอบที่ถูกต้อง แน่นนอน และมีกฎเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผล

แบบทดสอบ คือ ชุดของคำถาม ปัญหา สถานการณ์ กลุ่มของงานหรือกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นสิ่งเร้า กระตุ้น ยั่วยุ หรือชักนำให้ผู้ถูกทดสอบแสดงพฤติกรรมหรือปฏิกิริยาตอบสนองตามแนวทางที่ต้องการ แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดสมรรถภาพทางสมองได้ดีที่สุด

2. ประเภทของแบบทดสอบ

ประเภทของแบบทดสอบ ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 233-238) แบ่งได้แตกต่างกันตามเกณฑ์ที่ใช้

2.1 จำแนกตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด เป็นคุณลักษณะทางจิตภาพแบบทดสอบจึงทำหน้าที่เป็นแบบวัด เพราะใช้วัดคุณลักษณะต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกแบบทดสอบได้ 3 ประเภทดังนี้

2.1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ (Knowledge) และทักษะ (Skill)

2.1.2 แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (Personal social test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดคุณลักษณะของคนเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดและเจตคติ ลักษณะของแบบทดสอบมีทั้งแบบสอบภาคปฏิบัติและแบบถามตอบ การทดสอบเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพได้ 2 ประเภท คือ แบบวัดที่ใช้การฉายออก (Projective test) และแบบวัดที่ไม่ใช้การฉายออก (Non-projective test) แบบวัดที่ใช้การฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ส่วนแบบวัดที่ไม่มีการฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบสอบถามหรือรายงานตนเอง ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องการตอบ คือ ผู้ตอบจะตอบในแนวทางที่ให้ตนเองดูดี คำตอบได้จึงไม่ค่อยตรงตามความเป็นจริง

แบบวัดที่ใช้การฉายออกเป็นแบบวัดที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับการตอบโดยยึดการยอมรับของสังคมจะไม่วัดหรือถามตรง ๆ ซึ่งช่วยทำให้การตอบไม่ตรงกับความเป็นจริงลดลง แต่จะเป็นการตอบจากความรู้สึกที่แท้จริงของผู้ตอบ ลักษณะของแบบวัดจะเป็นรูปภาพ (Picture) หยดหมึก

(Inkblot) ข้อความ (Word) เช่น แบบวัด Rorschach inkblot และแบบวัด Thematic apperception test ซึ่งเป็นชุดของรูปภาพแล้วให้ผู้ตอบเล่าเรื่องของแต่ละรูปภาพ เป็นต้น

2.1.3 แบบทดสอบความถนัด (Aptitude test) เป็นการวัดศักยภาพ (Potential) ของผู้ตอบ เพื่อใช้ในการทำนายความสามารถในการปฏิบัติงาน กิจกรรม หรือการศึกษาในอนาคต แบบวัดความถนัดมีชื่อเรียกหลายอย่างตามลักษณะที่ต้องการ เช่น แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน (Scholastic aptitude test) แบบวัดเชาว์ปัญญา (Intelligence tests) และแบบวัดความสามารถทางสมอง (Tests of general mental ability) เป็นต้น ผลของการวัดความถนัดจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน ครูแนะแนว และผู้บริหาร แบบวัดความถนัดแบ่งออกเป็น

2.1.3.1 แบบวัดความถนัดทั่วไป (General aptitude test) เป็นแบบวัดความถนัดของแต่ละบุคคล โดยอาจมีลักษณะเป็นข้อความ (Verbal) หรือไม่เป็นข้อความ (Nonverbal) ก็ได้ เนื้อหาสาระในการวัดจะเป็นความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา เช่น ด้านเหตุผล (Reasoning) ด้านการแก้ปัญหา (Problem solving) และความคล่องแคล่วทางภาษา (Verbal fluency) เป็นต้น

2.1.3.2 แบบวัดความถนัดเฉพาะทาง (Specific aptitude test) เป็นแบบวัดความถนัดเฉพาะทางของนักเรียน เพื่อนำไปพยากรณ์ความสามารถในการปฏิบัติงานของแต่ละคน มุ่งหวังนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการฝึกทักษะต่าง ๆ ในอนาคต เช่น ความถนัดด้านดนตรี ด้านคณิตศาสตร์ ด้านกลไกต่าง ๆ เป็นต้น แบบวัดความถนัดเฉพาะทางจะมีแบบวัดความถนัดหลายอย่าง มีทั้งแบบวัดทางด้านวิชาความรู้และที่ไม่ใช่วิชาความรู้ ตัวอย่างแบบวัดความถนัดเฉพาะทาง เช่น The sequential tests of educational progress (STEP) ซึ่งเป็นแบบวัดความพร้อมด้านการอ่าน การเขียน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.1.3.3 แบบวัดความพร้อม (Readiness test) แบบทดสอบวัดความพร้อมอาจจัดเป็นแบบทดสอบวัดความถนัดหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก็ได้ แต่การจัดเป็นแบบวัดความถนัดจะมีความใกล้เคียงมากกว่า แบบทดสอบวัดความพร้อมเป็นแบบวัดที่ครูใช้วัดความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะมีการเรียนการสอนหรือการฝึกทักษะต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการจะทราบว่าผู้เรียนมีความพร้อมอยู่ในระดับใด เช่น แบบวัดความพร้อมในการอ่าน ประกอบด้วย ความสามารถในการจำแนก การฟัง การมองเห็น และความสามารถทางด้านทักษะ เป็นต้น ตัวอย่างแบบวัดความพร้อม เช่น The metropolitan readiness test เป็นต้น

2.1.3.4 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Creativity tests) เป็นแบบวัดเกี่ยวกับลักษณะของคนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) คือ เป็นการค้นหาทางเลือกหลายทาง ซึ่งตรงข้ามกับความคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) ที่ต้องการหาคำตอบที่ถูกเพียงอย่างเดียว นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงในด้านนี้ คือ กิลฟอร์ด

(Guiford) ซึ่งเป็นผู้สร้างแบบวัดอเนกนัย โดยที่เขายกตัวอย่างคนที่คิดแบบเอกนัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของอิฐ (Brick) คนเหล่านี้จะคิดเพียงว่าอิฐนำไปใช้สร้างโรงเรียน บ้าน หอสมุด อาคารต่าง ๆ แต่ถ้าคิดแบบอเนกนัย ก็จะคิดต่อไปถึงว่าอิฐสามารถนำมาใช้ขว้างทำลายหน้าต่าง หรือใช้ตีหัวขโมยก็ได้ นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงอีกท่านหนึ่ง ทอร์แรนซ์ (Torrance) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ชื่อว่า The Torrance Tests of Creativity ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วยข้อคำถาม รูปภาพ และกราฟ ซึ่งวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคล่องแคล่ว (Fluency) ความยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความประณีต (Elaboration)

2.2 จำแนกตามลักษณะการตรวจให้คะแนน จำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวว่า ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็สามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2.2.2 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำ หรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

2.2.3 แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified subjective test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

2.3 จำแนกตามลักษณะการสร้าง จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่มีคณะผู้เชียวชาญทางด้านจิตวิทยา ด้านการวัดและประเมิน และนักวิชาการสาขาต่าง ๆ ร่วมกันพัฒนาขึ้นภายใต้กระบวนการสร้างที่ได้มาตรฐาน และมีการพัฒนาต่อเนื่องจนเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในต่างประเทศจะมีแบบทดสอบมาตรฐานนี้อยู่เป็นจำนวนมาก เช่น Stanford achievement test, metropolitan achievement test และ California achievement test battery (ซึ่งมีข้อสอบประกอบด้วยการอ่าน คณิตศาสตร์ การสะกดคำ สังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในการฟัง)

2.3.2 แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างเอง (Researcher-made test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรืออาจเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยคนอื่น ๆ สร้างไว้แล้ว แบบทดสอบประเภทนี้ยังไม่ถือว่าเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ถึงแม้จะเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพก็ตาม ทั้งนี้เพราะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับกลุ่มผู้สอบเพียงบางกลุ่มเท่านั้น และขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ข้อดี แบบทดสอบประเภทนี้คือ วัดได้ตรงตามความต้องการของผู้วิจัย

2.4 จำแนกตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

2.4.1 แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลว่ามีความสามารถตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ส่วนใหญ่จะใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน ดังนั้น การวัดความรู้ความสามารถในแต่ละวัตถุประสงค์จะต้องมีข้อคำถามที่เพียงพอต่อการประเมิน โดยทั่วไปวัตถุประสงค์หนึ่ง ๆ จะมีประเด็นคำถามตั้งแต่ 4 ข้อขึ้นไป

2.4.2 แบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-reference test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลว่ามีอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ส่วนใหญ่แบบทดสอบแบบอิงกลุ่มจะใช้จัดตำแหน่งความรอบรู้ของผู้เรียนในเรื่องที่สอน หรือใช้ในการประเมินผลสรุปรวม แบบทดสอบประเภทนี้จึงมุ่งทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดให้มากที่สุด

2.5 จำแนกตามลักษณะการตอบสนอง จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.5.1 แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องอ่านข้อคำถามแล้วเลือกคำตอบหรือเขียนตอบในกระดาษคำตอบ มีอยู่หลายรูปแบบดังนี้

2.5.1.1 แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple-choices test) เป็นแบบทดสอบที่มีการจัดเตรียมคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือก ดังนั้น รูปแบบของแบบทดสอบจึงประกอบด้วย ข้อคำถาม (Stem) และตัวเลือก (Choices) ซึ่งประกอบด้วยตัวถูก (Correct choice) และตัวลวง (Distracters)

2.5.1.2 แบบทดสอบความเรียง (Essay test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องเขียนบรรยายคำตอบโดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษาในการสังเคราะห์ความรู้ความเข้าใจและความคิดส่วนตนอย่างอิสระ จึงเหมาะสำหรับการวัดความรู้ระดับลึกในการบริหารการสอบจะต้องให้เวลาอย่างเพียงพอ เพราะผู้ตอบจำเป็นต้องใช้เวลามาก แบบทดสอบแบบนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับข้อคำถามจำนวนมาก

2.1.5.3 แบบทดสอบเติมคำ (Completion test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องคิดหาคำหรือข้อความมาเติมในช่องว่างที่กำหนดให้ได้ใจความสมบูรณ์และถูกต้อง โดยข้อคำถามแต่ละข้อจะแยกเป็นอิสระจากกันและมีความสมบูรณ์ในข้อนั้น ๆ

2.1.5.4 แบบทดสอบโคลช (Cloze test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับแบบทดสอบเติมคำ คือ จะมีช่องว่างไว้ให้ผู้ตอบหาคำหรือข้อความมาเติมให้ได้ใจความถูกต้องสมบูรณ์ แต่แตกต่างกับแบบทดสอบเติมคำตรงที่แบบทดสอบเติมคำเป็นการเติมคำทีละข้อ ซึ่งแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีเนื้อหาเป็นเรื่องเดียวกันหรือเชื่อมโยงกัน ส่วนแบบทดสอบโคลชเป็นการเติมคำหลาย ๆ แห่งในเนื้อหาสาระที่เป็นความเรียงขนาดยาวพอสมควร เมื่อผู้ตอบเติมคำครบถ้วนทุกแห่งแล้วจะได้สาระทั้งหมดเป็นเรื่องราวเดียวกัน

2.5.2 แบบทดสอบปฏิบัติการ (Performance test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะความสามารถในการปฏิบัติงานโดยการกำหนดภาระงาน เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ให้ผู้เข้าสิบได้ปฏิบัติตามคำสั่ง หรือสถานการณ์ที่กำหนด ลักษณะการตอบสนองของผู้เข้าสอบจะไม่ได้ตอบคำถามด้วยการเขียนหรือการพูด แต่จะแสดงออกด้วยการปฏิบัติงาน เช่น การสอบทักษะการทดลอง การสอบปฏิบัติการตอนกิ่ง เป็นต้น

2.5.3 แบบทดสอบปากเปล่า (Oral test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายแบบทดสอบความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย แต่แทนที่จะให้ผู้ตอบเขียนคำตอบในกระดาษคำตอบก็ให้ผู้ตอบบรรยายหรืออธิบายออกมาให้ฟัง หรือมีลักษณะเดียวกันกับการสัมภาษณ์ เพียงแต่ประเด็นคำถามต้องการที่จะตรวจสอบความรู้ความสามารถ ตลอดจนปฏิภาณไหวพริบของผู้ตอบ

ในการสร้างแบบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบทดสอบแบบปรนัย (Objective test) เพราะการตรวจให้คะแนนมีความถูกต้องในการให้คะแนนสูง คือไม่ว่าจะให้บุคคลใดตรวจก็จะให้คะแนนถูกต้องตรงกันซึ่งเป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และเลือกใช้แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test) เพราะผู้ตอบต้องเขียนบรรยายคำตอบโดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษาเรียบเรียงประโยคเป็นข้อความที่ชัดเจน

3. แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choice question test: MCQ)

แบบทดสอบ (Test) หมายถึง ชุดของข้อคำถาม หรือข้อปัญหาที่ออกแบบสร้างขึ้นอย่างมีระบบและกระบวนการเพื่อค้นหาตัวอย่างของพฤติกรรมของผู้ที่เข้าสอบ ครูส่วนมากนิยมใช้แบบทดสอบปรนัย (Objective test) เพราะเชื่อว่าจะช่วยให้การวัดผลการเรียนมีประสิทธิภาพ แบบทดสอบปรนัยมีหลายชนิด เช่น แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple) แบบถูก-ผิด (True-false) แบบเติมคำ (Completion) และแบบจับคู่ (Matching) (Ebel, 1965, p. 58) อย่างไรก็ดี แบบทดสอบเลือกตอบเป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน ซึ่ง อนันต์ ศรีโสภา (2541, หน้า 180) ให้เหตุผลและเสนอลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบว่า สามารถวัดเนื้อหาวิชาที่แตกต่างกัน วัดความจำเป็นและทักษะที่ยาก ๆ ได้อย่างดี

แบบทดสอบเลือกตอบโดยทั่วไป ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นตัวปัญหา (Stem)
2. ส่วนที่เป็นรายการแนะนำคำตอบ (Responses หรือ Options)

สำหรับรายการคำตอบที่ไม่ถูกต้องเรียกว่า ตัวลวง (Distractor) ส่วนรายการคำตอบที่ถูกต้องเรียกว่า ตัวถูก (Key) ซึ่งเรียกตัวลวงและตัวถูกลวงกันว่า ตัวเลือก (Alternatives หรือ Options) อาจเขียนตัวปัญหาให้อยู่ในลักษณะคำถามโดยตรงหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์ แล้วให้นักเรียนเลือกรายการที่เป็นคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องหรือถูกที่สุดจากรายการต่าง ๆ ที่กำหนดให้

ชนิดของแบบทดสอบเลือกตอบ

ถ้าแบ่งออกตามลักษณะแบบฟอร์ม แบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว (One correct answer) เป็นชนิดของแบบทดสอบเลือกตอบที่ง่ายที่สุด แบบทดสอบชนิดนี้ต้องการให้นักเรียนเลือกตัวเลือกต่าง ๆ (Options) ที่เห็นว่าถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

2. มีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว (Best answer) เนื่องจากแบบทดสอบเลือกตอบชนิดนี้มีหลายตัวเลือก จึงทำให้มีข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการมีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ เพราะต้องการให้นักเรียนเลือกคำตอบถูกที่สุดหรือดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว

3. ประเภทการเปรียบเทียบ (Analogy type) แบบทดสอบชนิดนี้ต้องการให้นักเรียนเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคู่แรก และนำความสัมพันธ์นั้นไปเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคู่หลัง โดยปกติมักจะกำหนดส่วนที่สามให้ และหาส่วนที่สี่จากตัวเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดให้

4. ประเภทกลับตรงกันข้าม (Reverse type) แบบทดสอบชนิดนี้มีลักษณะตรงกันข้ามกับชนิดที่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นการเขียนตัวเลือกที่เป็นตัวลวง (Distractors) ให้มีลักษณะเป็นเอกพันธุ์ได้ถึง 3-4 ตัวเลือก แต่บางครั้งเป็นการง่ายที่จะเขียนตัวเลือกที่ถูกต้องได้ถึง 3-4 ตัว ถ้าเช่นนี้ควรใช้แบบทดสอบเลือกตอบชนิดกลับ (Reverse) โดยให้นักเรียนเลือกเฉพาะตัวเลือกที่ผิดเท่านั้นเป็นคำตอบ

4. แบบทดสอบความเรียง (Essay test)

แบบทดสอบอัตนัย หรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test) มีนักวิชาการหลายท่านให้ความหมาย ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 85) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียงว่า เป็นแบบทดสอบที่มีจุดประสงค์วัดความสามารถในการบรรยายและแสดงเหตุผลตามความคิดเห็นของตน อาจจำกัดความยาวหรือเขียนตอบได้ตามสบายก็ได้ในการตรวจข้อสอบความเรียงจะต้องสร้างเกณฑ์ไว้ให้ดี มีแนวตรวจตรงกัน

สิริพร ทิพย์คง (2545, หน้า 197) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบอัตนัยว่า เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนได้แสดงวิธีการคิด วิธีการทำลงในกระดาษคำตอบ ในการตรวจต้องมีความเที่ยงตรงของการให้คะแนน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552, หน้า 62) ได้นิยามแบบทดสอบความเรียงไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ให้อิสระในการตอบมากที่สุด โดยให้ผู้สอบเขียนตอบยาว ๆ ภายในเวลาที่กำหนด แบบทดสอบประเภทนี้ในแต่ละข้อคำถามสามารถวัดได้หลาย ๆ ด้าน เช่น ความรู้ การใช้ภาษา ความคิดเห็น เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายของแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง สรุปได้ว่า แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test) หมายถึง แบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนมาอย่างเป็นอิสระภายในเวลาที่กำหนด ได้เขียนบรรยายคำตอบโดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษา เรียบเรียงและประโยคให้เป็นข้อความที่ชัดเจน นอกจากนั้นแบบทดสอบอัตนัยยังสามารถวัดพฤติกรรมได้หลายด้าน สามารถวัดทักษะในการใช้ภาษาวัดกระบวนการในการคิดคำนวณหาคำตอบที่แสดงลำดับขั้นตอนได้ชัดเจน

ประเภทและลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test)

จากการแบ่งประเภทแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test) ของ Gronlund and Linn (1990, pp. 78-79) พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552, หน้า 101-102) และเยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552, หน้า 231)

1. แบบทดสอบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบ (Essay-restricted response) แบบทดสอบประเภทนี้ต้องการคำตอบเฉพาะเจาะจงที่จัดระเบียบความคิดเป็นอย่างดี ส่วนดีของแบบทดสอบชนิดนี้คือง่ายในการตรวจและมีความยุติธรรมสูง จะเห็นได้ว่าถ้าถ้าหากแบบทดสอบมีโครงสร้างมีแบบแผนที่ชัดเจนทั้งคำถามและคำตอบแล้วจะทำให้การตรวจให้คะแนนสะดวกขึ้นและสามารถวัดความรู้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ได้

2. แบบทดสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-extended response) แบบทดสอบประเภทนี้เน้นความลึกและขอบเขตของความรู้ เน้นเสรีภาพของการแสดงออกยั่วยุให้เกิดความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ ลักษณะของคำตอบจะสะท้อนให้ผู้สอนได้ทราบความแตกต่าง

5. การสร้างแบบทดสอบ

การสร้างเครื่องมือจะต้องมีการวางแผนการสร้าง ดังนี้ (ฤตินันท์ สมุทร์ทัย, 2545, หน้า 100)

1. จุดมุ่งหมายของการวัด ก่อนที่จะสร้างเครื่องมือจะต้องรู้จุดมุ่งหมายของการวัดว่าวัดเพื่ออะไร เพราะถ้าจุดมุ่งหมายของการวัดต่างกัน แนวของเครื่องมือก็แตกต่างกันด้วย

2. การวิเคราะห์หลักสูตร (Curriculum analysis) ได้แก่ การแยกแยะความมุ่งหมายและเนื้อหาวิชาในหลักสูตรว่ามีรายละเอียดปลีกย่อยอะไรบ้าง

3. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การกำหนดสิ่งที่จะวัดในทางการศึกษา ก็คือการกำหนดลักษณะพฤติกรรมนั่นเอง ซึ่งตัวลักษณะเชิงพฤติกรรมเหล่านี้กำหนดได้จากจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยเฉพาะในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำเป็นต้องกำหนดลักษณะออกมาให้ได้ว่ามีพฤติกรรมลักษณะใดบ้าง วิธีที่จะกำหนดลักษณะสิ่งที่จะวัดจากจุดมุ่งหมายของหลักสูตรหรือรายวิชา จึงจำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์หาลักษณะของสิ่งที่จะวัดออกมาให้ได้ ซึ่งต้องใช้วิธีการที่เรียกว่า การวิเคราะห์หลักสูตรหรือการวิเคราะห์รายวิชา

4. การสร้างเครื่องมือ หลังจากทำการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรแล้วจะทำให้เราทราบว่าเราต้องสร้างเครื่องมือวัดพฤติกรรมในด้านใดบ้าง และแต่ละด้านจะวัดอะไร ซึ่งถ้าเป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่ก็คือ ข้อสอบอาจเป็นแบบปรนัยหรืออัตนัย โดยให้พิจารณาจากเนื้อหาและจุดประสงค์ ถ้าเป็นพฤติกรรมด้านจิตพิสัย การวัดอาจทำได้โดยการสังเกตหรือการให้รายงานตนเอง เครื่องมือที่ต้องสร้างก็คือ แบบสังเกต แบบตรวจสอบรายการ หรือแบบสอบถาม และถ้าเป็นพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย การวัดอาจทำได้โดยการให้ลงมือปฏิบัติงานหรือการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน เครื่องมือที่เหมาะสมน่าจะเป็นแบบบันทึกการสังเกตแบบประเมินการปฏิบัติงาน ฯลฯ

5. การทดลองใช้ หลังจากสร้างเครื่องมือแล้วควรมีการนำไปทดลองใช้ก่อนใช้จริงเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือนั้น ๆ ว่ามีคุณภาพตามที่ต้องการแล้วหรือไม่

6. การวิเคราะห์หาคุณภาพ การวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือเป็นขั้นตอนต่อจากการทดลองใช้ คือการนำเอาผลการทดลองมาวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือในด้านความเชื่อมั่น ความยากง่าย อำนาจจำแนก ฯลฯ

7. การนำไปใช้จริง จากการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ อาจพบว่ายังมีคุณภาพไม่ตรงตามที่ต้องการ หากสามารถปรับปรุงได้ควรทำการปรับปรุง และถ้ายังไม่แน่ใจว่าจะมีคุณภาพตามที่ต้องการหรือไม่ อาจต้องนำไปทดลองใช้อีกครั้งหนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์หาคุณภาพจนได้คุณภาพตามที่ต้องการแล้วจึงจะนำไปใช้จริงในโอกาสต่อไป

5.1 การสร้างแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test)

แบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่สร้างได้ง่ายกว่าแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้วัดความสามารถทางสมองได้ทุกระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถทางสมองระดับสูง เช่น การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ทั้งยังสามารถพัฒนาการใช้ภาษา พัฒนาระบบความคิดและถ่ายทอดความคิดได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการตรวจให้คะแนนที่มีความเป็นปรนัยต่ำและมีความยุ่งยากในการตรวจ ซึ่งไพศาล วรคำ (2552, หน้า 233) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการเขียนข้อสอบแบบความเรียงที่ดีต้องมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมหรือขั้นวางแผนการสร้างข้อสอบ ต้องทำสิ่งต่อไปนี้

1.1 กำหนดจุดประสงค์ของการสร้างข้อสอบความเรียงว่ามุ่งวัดพฤติกรรมใด

1.2 จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อกำหนดว่าแบบทดสอบวัดเนื้อหาหรือพฤติกรรมใด

2. ขั้นสร้าง สิ่งที่ควรคำนึงในการสร้างแบบทดสอบความเรียง (Essay Test) มีดังนี้

2.1 กำหนดคำชี้แจงให้ชัดเจนเกี่ยวกับจำนวนข้อ เวลา คะแนนแต่ละข้อ และคะแนนทั้งฉบับ

2.2 ควรมีกรอบโครงสร้างของข้อคำถามที่ชัดเจน ไม่กำกวม เพื่อให้ผู้ตอบทราบแนวทางว่าควรตอบในแง่มุมใด นอกจากนี้ข้อคำถามควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

2.3 แบบทดสอบ ควรเน้นคำตอบสั้น ๆ ชัดเจนได้ใจความ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผู้ตอบเข้าใจผิดพลาด และลดความลำเอียงในการให้คะแนน แต่ไม่ใช่ว่าแบบทดสอบความเรียงควรมีลักษณะการจำกัดคำตอบ ทั้งนี้ให้ขึ้นอยู่กับว่าคำถามแต่ละข้อต้องการวัดอะไร

2.4 ไม่ควรให้เลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะการให้ทำงานที่แตกต่างกันไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ นอกจากจะมั่นใจได้ว่าข้อสอบทุกข้อมีลักษณะเป็นข้อสอบคู่ขนานกันจริง

2.5 ไม่ควรออกข้อสอบจำนวนมากเกินไป และใช้เวลาในการสอบนานเกินไป เพราะจะทำให้ผู้ตอบเกิดความล้า

การให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย

การตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย มี 2 แบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนแบบจุด หรือแบบวิเคราะห์เป็นส่วน ๆ เป็นวิธีการตรวจให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบคำตอบกับคำเฉลย

2. การให้คะแนนแบบประเมินค่าหรือแบบภาพรวม เป็นการจัดเตรียมเกณฑ์การให้คะแนนอย่างกว้าง ๆ วิธีตรวจให้คะแนนอย่างกว้าง ๆ วิธีตรวจให้คะแนนโดยเปรียบเทียบคำตอบข้อหนึ่ง ๆ ของทุกคนพร้อมทั้งจัดแบ่งตามคุณภาพออกเป็นกลุ่ม

ข้อแนะนำในการตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของข้อสอบอัตนัยควรปฏิบัติดังนี้

1. จัดเตรียมคู่มือการตรวจให้คะแนน สำหรับข้อสอบแบบจำกัดคำตอบต้องมีกฎเกณฑ์ การให้คะแนนที่แน่นอนเด่นชัดเป็นระบบ คือการให้คะแนนแบบจุด ส่วนข้อสอบที่ไม่จำกัดคำตอบต้องมีประเด็นหลักที่จะให้คะแนน

2. ในการตรวจให้คะแนนควรปฏิบัติดังนี้

2.1 ควรตรวจให้คะแนนข้อหนึ่ง ๆ ของทุกคนให้เสร็จ เพื่อป้องกันการลำเอียงและเพิ่มความเชื่อมั่นในการให้คะแนน

2.2 ควรตรวจให้คะแนนข้อหนึ่ง ๆ ให้เสร็จ โดยปราศจากการรบกวน หรือการหยุดพักเป็นเวลานาน ๆ

2.3 ควรมีการสุ่มตรวจข้อสอบ โดยไม่ต้องเรียงลำดับคนแรกไปถึงคนสุดท้ายในทุก ๆ ข้อ เพื่อป้องกันความลำเอียง

2.4 ไม่ควรดูชื่อผู้ตอบ วิธีป้องกันให้ผู้ตอบเขียนชื่อด้านหลังของกระดาษคำตอบแทนที่จะเป็นหน้าแรกของกระดาษคำตอบ

2.5 ไม่ควรนำปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับเนื้อหาสาระของการตอบมาพิจารณา เช่น ลายมือ สำนวน ภาษา การสะกด แต่ถ้าผู้ตรวจเน้นว่าเป็นสิ่งสำคัญควรแจ้งให้ผู้ตอบทราบล่วงหน้าว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคะแนน พร้อมทั้งแยกคะแนนส่วนนี้ไว้ต่างหาก

2.6 ควรใช้ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน หรือมากกว่า เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของการให้คะแนน ถ้าหากหาผู้ตรวจมากกว่า 1 คนไม่ได้ อาจใช้ผู้ตรวจคนเดียวตรวจซ้ำ 2 ครั้ง โดยเว้นช่วงเวลาในการตรวจพร้อมทั้งสลับลำดับที่ของข้อสอบ

3. จัดทำรายงานผลการให้คะแนนและเกรด พร้อมทั้งข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดของผู้ตอบ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบว่าตนมีจุดบกพร่องด้านใดเพื่อซ่อมเสริม และเพื่อง่ายแก่การชี้แจงถึงผลการให้คะแนนและการตัดเกรด

5.2 การสร้างแบบทดสอบปรนัยหรือแบบทดสอบเลือกตอบ

แบบทดสอบเลือกตอบ เป็นรูปแบบที่มีผู้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความเป็นปรนัยสูง การสร้างแบบทดสอบเลือกตอบมีหลักเกณฑ์ที่ต้องพิจารณา ดังนี้

1. ควรตั้งคำถามด้วยประโยคคำถามที่สมบูรณ์ เขียนด้วยภาษาที่มีความชัดเจนที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. ประเด็นคำถามต้องมีความเฉพาะเจาะจง คำถามแต่ละข้อจะวัดตามวัตถุประสงค์เพียงข้อใดข้อหนึ่ง และถ้าวัตถุประสงค์นั้นมีรายละเอียดก็ควรแยกถามตามประเด็นย่อย ๆ

3. คำถามและตัวเลือกต้องไม่มีลักษณะชี้แนะคำตอบหรือคำถามในข้อนั้นเป็นคำตอบของอีกข้อหนึ่ง หรือตัวเลือกที่ถูกในข้อหนึ่งเป็นแนวทางในการเลือกในข้อถัดไป

4. ควรหลีกเลี่ยงคำถามเชิงนิเสธ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำถามเชิงนิเสธซ้อนเพราะจะทำให้ผู้ตอบเกิดความสับสน แต่หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ก็ควรพิมพ์ตัวหนาหรือขีดเส้นใต้คำ

5. ควรปรับตัวเลือกทุกตัวให้มีความยาวพอ ๆ กัน หรือถ้าไม่สามารถปรับให้ความยาวใกล้เคียงกันได้ ก็ควรเรียงตัวเลือกจากสั้นไปหายาว หรือจากยาวไปหาสั้นอย่างเป็นระบบ

6. ถ้าตัวเลือกเป็นตัวเลือกหรือตัวอักษร ควรเรียงตัวเลือกตามลำดับค่าหรือตามลำดับอักษรอย่างเป็นระบบ

7. ตัวเลือกแต่ละตัวควรเป็นอิสระจากกัน

8. ไม่ควรใช้ภาษาฟุ่มเฟือยโดยไม่จำเป็นทั้งข้อคำถามและตัวเลือก การเขียนข้อสอบควรเลือกใช้คำที่มีความหมายตรงชัดเจนมากที่สุดเพียงไม่กี่คำที่สามารถสื่อความหมายตามที่ต้องการ แต่ต้องไม่ก่อให้เกิดความกำกวมขึ้นกับข้อสอบ

9. ตัวถูกและตัวลวงให้ถูกหรือผิดชัดเจนจนเกินไป ซึ่งจะทำให้ผู้เดาคำตอบที่ถูกต้องได้

10. ตัวเลือกในแต่ละข้อควรมีความเป็นเอกพันธ์หรือเป็นตัวเลือกที่อยู่ในเรื่องเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน

11. การใช้ตัวเลือกปลายปิดและปลายเปิดควรเลือกใช้อย่างมีเหตุผล เช่น ถูกหมดทุกข้อ สรุปแน่นอนไม่ได้ หรือไม่มีข้อถูก

12. ควรจัดวางข้อถูกให้กระจายอย่างสุ่ม ไม่ควรจัดวางอย่างเป็นระบบเด็ดขาด เพราะจะทำให้ผู้ตอบสามารถเดาคำตอบได้

13. ในแบบทดสอบชุดหนึ่ง ๆ ควรมีจำนวนตัวเลือกที่คงที่ การกำหนดจำนวนตัวเลือกโดยทั่วไปจะกำหนดให้เหมาะสมกับระดับของผู้ตอบ เช่น ในระดับประถมศึกษาใช้ 3 ลักเลือก ระดับมัธยมศึกษาใช้ 4 ตัวเลือก ระดับอุดมศึกษาใช้ 5 ตัวเลือก เป็นต้น

14. หลีกเลี่ยงสิ่งที่ทำให้ข้อสอบยากขึ้นโดยไม่เกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายของการวัด เช่น จุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบทักษะการคูณเลข 2 หลัก ก็ควรใช้คำถามที่เป็นคูณตัวเลขล้วน ๆ ไม่ควรใช้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้ตอบอาจตอบผิดเพราะไม่เข้าใจภาษาที่ใช้ ไม่ใช่เพราะคูณเลข 2 หลักไม่ได้ เป็นต้น

15. ตรวจสอบทั้งหมดอีกครั้งก่อนนำไปใช้ ทั้งในเรื่องของภาษา ระดับความยาก และตัวเลือกเพื่อให้แน่ใจว่ามีความถูกต้อง เหมาะสม

การหาคุณภาพของเครื่องมือ

คุณภาพของเครื่องมือ หมายถึง คุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และค่าอำนาจจำแนกและเกณฑ์ปกติในการแปลผลคะแนน เป็นต้น

มีผู้กล่าวถึงการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ไว้ดังนี้

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 259) กล่าวว่า การหาคุณภาพของเครื่องมือเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้มาซึ่งดัชนีหรือตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย คุณสมบัติหรือดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และค่าอำนาจจำแนก

คุณภาพของแบบวัดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเมื่อมีการสร้างแบบวัดแล้วก็ต้องมีการหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อให้ทราบว่าเครื่องมือมีคุณภาพดีเพียงใด สามารถวัดตรงกับจุดประสงค์หรือไม่ ในการหาคุณภาพของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้หาคุณภาพของเครื่องมือนี้ คือ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และค่าอำนาจจำแนกและเกณฑ์ปกติในการแปลผลคะแนน

1. ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรงเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือในการวัดทุกชนิด กล่าวคือ เครื่องมือวัดจำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงเป็นอันดับแรก หากเครื่องมือวัดขาดความเที่ยงตรงผลที่ได้จากการวัดก็จะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการได้ การจะแบ่งความเที่ยงตรงออกเป็นกี่ชนิดนั้นขึ้นอยู่กับว่าจะยึดเกณฑ์ใด หรือยึดเกณฑ์ของใครเป็นหลัก ซึ่งไม่ใช่เรื่องสำคัญ สิ่งที่สำคัญกว่าก็คือ จะต้องรู้ว่าความเที่ยงตรงแต่ละชนิดหมายถึงอย่างไร ส่วนองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยงตรงนั้นอาจสรุปได้ 3 ประการ คือ องค์ประกอบจากตัวข้อสอบ องค์ประกอบจากกระบวนการสอน และองค์ประกอบจากตัวผู้สอบ (สุรศักดิ์ อมรรัตน์ศักดิ์, 2553, หน้า 123)

1.1 ความหมาย

มีนักวัดผลการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

เกียรติสุดา ศรีสุข (2545, หน้า 138) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงหมายถึง การที่เครื่องมือสามารถวัดได้ตรงและครบถ้วนในสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลที่มีความเที่ยงสูงจะทำให้ผู้วิจัยสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 260) ได้กล่าวว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้อง เหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด

จากความหมายของความเที่ยงตรงข้างต้น สรุปได้ว่าความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งจะต้องมีเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผลตามจุดประสงค์ที่แม่นยำและเชื่อถือได้

1.2 การหาค่าความเที่ยงตรง

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 260-272) ได้แบ่งความเที่ยงตรงของเครื่องมือออกเป็น 3 ชนิด

1.2.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่จะวัดหรือตรงกับเนื้อหาที่ทำการสอน โดยเขียนคำถามให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหานั้นด้วย โดยเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่เป็นตัวแทน (Representative sample) ของมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัด การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จึงอาศัยกระบวนการตรวจสอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอิสระจากกันช่วยพิจารณาตัวอย่างเนื้อเรื่องในเครื่องมือวัดว่ามีขอบเขตที่ครอบคลุมและเป็นตัวแทนมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัดเพียงใด

สำหรับเครื่องมือประเภทแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบให้มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยควรทำการสังเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดก่อน โดยการสร้างผังข้อสอบจากตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ (Table of specification) เช่น ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นต้น จากนั้นจึงเขียนข้อสอบตามผังข้อสอบนั้น ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้แบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำเสนอผู้เชี่ยวชาญพิจารณา เพื่อหาดัชนีบ่งชี้ความเที่ยงตรงของเครื่องมือ

ส่วนใหญ่ในการหาความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นิยมใช้ 2 วิธี คือ การให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควรมีคุณสมบัติสอดคล้องกับสาขาวิชาของเครื่องมือที่ต้องการตรวจสอบและควรใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นจำนวนคี่ เช่น 3 คน 5 คน หรือ 7 คน เป็นต้น ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับคะแนนจากเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว รายละเอียดแต่ละวิธีเป็นดังนี้

1.2.1.1 การให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา เป็นการนำข้อคำถามหรือข้อความแต่ละข้อในแบบวัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อวัดเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ หรือมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณามีขั้นตอนดังนี้

1.2.1.1.1 นำข้อคำถามหรือข้อความแต่ละข้อไปให้ผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน พิจารณาว่าแบบวัดแต่ละข้อวัดเนื้อหาหรือสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่ หรือมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่

1.2.1.1.2 นำผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญทุกคนมาสรุป โดยการแจกแจงความถี่ในแต่ละข้อคำถามว่ามีผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่ต้องการวัดกี่คน ไม่ตรงกี่คน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อดูดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2554, หน้า 263)

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ R เป็นคะแนนรวมระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

1.2.1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว มีขั้นตอนดังนี้

1.2.1.2.1 นำเครื่องมือหรือแบบวัดที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้วไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

1.2.1.2.2 นำผลคะแนนที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้วไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

1.2.1.2.3 หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ .70 ขึ้นไปก็ถือว่าเครื่องมือหรือแบบวัดที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรง

1.2.2 ความเที่ยงตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion related validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอก (Criterion) ที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่น ๆ ที่วัดสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.2.1 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 251) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบกับคะแนนเกณฑ์ จากเครื่องมือที่สามารถใช้บ่งบอกสถานภาพปัจจุบันของลักษณะที่มุ่งวัดนั้นได้ เครื่องมือทั้งสอบทำการวัดในเวลาเดียวกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูงขึ้นแสดงถึงคะแนนจากแบบสอบสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของสถานภาพของลักษณะที่มุ่งวัดนั้น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, หน้า 83)

1.2.2.2 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่ได้มาจากการเอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปคำนวณหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคตเพื่อที่จะเอาผลการสอบไปพยากรณ์ผลความสำเร็จในอนาคต (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 257) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบ กับคะแนนจากเกณฑ์ จากเครื่องมือที่สามารถบ่งบอกผลสำเร็จของลักษณะที่มุ่งวัดในอนาคต เนื่องจากเครื่องมือทั้งสองทำการวัดในเวลาต่างกัน โดยแบบทดสอบที่สร้างทำการวัดในปัจจุบัน แต่อีกเครื่องมือหนึ่งต้องทิ้งช่วงเวลาต่างกัน โดยแบบทดสอบที่สร้างทำการวัดในปัจจุบันแต่อีกเครื่องมือหนึ่งต้องทิ้งช่วงเวลาทำการวัดในเวลาต่อมาก เพื่อให้ได้คะแนนเกณฑ์อนาคต (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, หน้า 84)

1.2.3 ความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขตหรือครบตามคุณสมบัติย่อย ๆ ของสิ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นลักษณะ (Trait) มักจะมีโครงสร้างขององค์ประกอบเชิงทฤษฎีจึงมักเรียกว่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง การหาความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีนิยมใช้กับเครื่องมือวัดตัวแปรคุณลักษณะ หรือตัวแปรแฝงที่มีการนิยามทฤษฎี เช่น เชาวน์ปัญญา เจตคติ ความเชื่อ ค่านิยม เชาว์อารมณ์ เป็นต้น โดยคุณลักษณะเหล่านี้สังเกตโดยตรงไม่ได้ จะสังเกตได้เฉพาะผลที่เกิดขึ้นเท่านั้น การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีดำเนินการได้หลายวิธี เช่น

1.2.3.1 วิธีตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของทฤษฎีที่นำมาใช้ นิยาม ผังข้อคำถามและคุณภาพของข้อคำถาม เพื่อทำการตรวจสอบทฤษฎี นิยาม โครงสร้างองค์ประกอบของคุณลักษณะที่มุ่งวัดว่ามีความเหมาะสมและเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้ดีเพียงไร คุณภาพการเขียนข้อคำถามแต่ละข้อเป็นไปตามผังข้อคำถามหรือไม่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้สูงกว่าร้อยละ 80 ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด แสดงว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้

1.2.3.2 วิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มผู้รู้ชัด (Comparing the score of known groups) การเปรียบเทียบคะแนนที่วัดได้ระหว่างกลุ่มที่ทราบแน่ชัดว่ามีคุณลักษณะที่ต้องการวัดแตกต่างกัน (Known groups) ก็จะเป็นหลักฐานส่วนหนึ่งที่ใช้สนับสนุนความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีได้ ผลการวัดจะต้องมีการแตกต่างระหว่างกลุ่ม การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มนี้อาจใช้วิธีทางสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เช่น การทดสอบที (*t*-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบไคสแควร์ เป็นต้น

1.2.3.3 วิธีการเปรียบเทียบคะแนนจากการทดลอง (Comparing the score from an experiment) โดยทั่วไปทฤษฎีต่าง ๆ สามารถพยากรณ์หรือคาดการณ์ผลที่จะตามมาจากปรากฏการณ์ใด ๆ ได้ หรือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของการจัดกระทำตามการทดลอง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะที่ต้องการศึกษานั้นระหว่างกลุ่มทดลองก่อนและหลังการได้จัดกระทำตัวแปรแล้ว เช่น ตามทฤษฎีคาดหมายว่า คะแนนความวิตกกังวลของบุคคลจะแปรเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ที่เผชิญ ถ้าสร้างสถานการณ์ให้เกิดความวิตกกังวลในระดับต่าง ๆ ให้กับกลุ่มตัวอย่างแล้วใช้แบบวัดความวิตกกังวลก็น่าจะได้คะแนนความวิตกกังวลที่ระดับต่าง ๆ กันตามสถานการณ์ที่สร้างขึ้น แบบวัดที่สามารถให้คะแนนการวัดได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ทดลองตามความคาดหมายของทฤษฎีก็น่าจะมีความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

1.2.3.4 วิธีวิเคราะห์เมตริกซ์ลักษณะหลากวิธีหลาย (Multi-trait multi-method matrix: MTMM) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีที่อาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดหลาย ๆ ลักษณะ (Multi-trait) โดยใช้วิธีการวัดหลาย ๆ วิธี หรือแบบวัดหลาย ๆ ชุด (Multimethod) โดยมุ่งตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือหลาย ๆ ชุด ในการวัดลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่สนใจศึกษา

1.2.3.5 วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) ในกรณีที่คุณสมบัติที่ต้องการวัดมีโครงสร้างองค์ประกอบย่อย ๆ ตามทฤษฎี เป็นวิธีหาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างที่ตรงประเด็นที่สุด เพราะเป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถตรวจชี้ลักษณะประจำทางจิตวิทยา เนื่องจากตัวแปรต่าง ๆ เมื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะพบว่าตัวแปรบางคู่มีความสัมพันธ์กันสูง

นั่นแสดงว่าตัวแปรเหล่านั้นวัดบางอย่างที่เป็นองค์ประกอบร่วมกัน การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นการจัดสมรรถภาพหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ทางจิตวิทยา ที่สัดได้เป็นหมวดหมู่ตามโครงสร้าง ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ระกอบก่อนหมุนแกนจะเป็นค่าที่แสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างได้

ในการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยหาความเที่ยงตรงของแบบวัด 2 วิธี คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยอาศัยผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญโดยพิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) โดยหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

2. ความเชื่อมั่น (Reliability)

2.1 ความหมาย

ในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่นไว้ ดังนี้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544, หน้า 34) ให้ความหมายของความเชื่อมั่นของแบบวัดว่าเป็นความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ ถ้าต้องการวัดสิ่งเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง ถ้าได้ค่าที่ค่อนข้างคงเส้นคงวาสูงขึ้นถือว่าแบบวัดมีความเชื่อมั่นมากขึ้น

อนุวัติ คูณแก้ว (2549, หน้า 249) ได้กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของการวัดคะแนนที่สอบได้แต่ละครั้งจะได้คะแนนใกล้เคียงกัน

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 69) ได้ให้ความหมายความเชื่อมั่น หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้คงที่คงวา ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะทำการสอบใหม่กี่ครั้งก็ตาม

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 272) ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่นว่า เป็นความคงที่ของผลที่ได้จาการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง

จากความหมายของความเชื่อมั่นดังกล่าว สรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของผลการวัด ผลของคะแนนจากการวัดจะวัดกี่ครั้งก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

2.2 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2544, หน้า 232) ได้ให้ความหมาย ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ว่าเป็นผลของคะแนนที่สอบได้ มีความคงที่ในการจำแนกเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้ในเรื่องที่สอบ สำหรับวิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) ความเชื่อมั่นแบบหาความคงที่ของความรอบรู้ (Stability reliability) เป็นการหาค่าความเชื่อมั่นโดยการนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์มาสอบซ้ำ 2 ครั้ง โดยใช้สูตรของชรอคและคอนสแคร์ลี (Schrock & Constantly, n.d. อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 232) ดังนี้

$$\phi = \frac{AD - BC}{\sqrt{(A+B)(C-D)(A+C)(B+D)}}$$

เมื่อ ϕ แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

A แทน จำนวนผู้สอบผ่านก่อนเรียนและหลังเรียน

B แทน จำนวนผู้สอบผ่านหลังเรียน

C แทน จำนวนผู้สอบผ่านก่อนเรียนและสอบไม่ผ่านหลังเรียน

D แทน จำนวนผู้สอบไม่ผ่านก่อนเรียนและหลังเรียน

2) ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องในการตัดสินใจ (Decision consistency reliability) เป็นการหาความสอดคล้องระหว่างการสอบ 2 ครั้ง จากแบบทดสอบฉบับเดียว หรือแบบทดสอบที่คู่ขนานกัน 2 ฉบับ โดยใช้สูตรของคาร์เวอร์ (Carver, 1970) แฮมเบิลตันและโนวิค (Hambleton & Novick, 1973) ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Agreement coefficient) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 232)

วิธีที่ 1

$$P = \frac{A - D}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง

A แทน จำนวนผู้ที่ผ่านเกณฑ์จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

D แทน จำนวนผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

วิธีที่ 2 แฮมเบิลตันและโนวิค ได้เสนอสูตรคำนวณดังนี้

$$\hat{P} = \hat{P}_{11} + \hat{P}_{00}$$

เมื่อ $\hat{P}$ แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจเพื่อจำแนกผู้รอบรู้

$\hat{P}_{11}$ แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่ารอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง

$\hat{P}_{00}$ แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่าไม่รอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง

วิธีที่ 3 สวามินาธาน, แฮมเบิลตัน และอัลจินา (Swaminathan, Hambleton, & Algina, 1974) ได้เสนอใช้สูตรแคปปา (Kappa) ของโคเฮน (Cohen, 1960) ในการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 235) ดังนี้

$$K = \frac{P - P_c}{1 - P_c}$$

เมื่อ K แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

P แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจความรอบรู้ที่ได้จากการสอบซ้ำหรือการทดสอบ 2 ครั้ง

P_c แทน สัดส่วนของความสอดคล้องที่คาดหวังโดยบังเอิญ

3) คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว

วิธีที่ 1 วิธีของ Livingston (Livingston method) วิธีนี้นำแบบทดสอบอิงเกณฑ์หนึ่งฉบับไปทดสอบกับนักเรียนครั้งเดียวสามารถนำผลการสอบไปคำนวณได้

วิธีที่ 2 ความเชื่อมั่นจากสูตรไบโนเมียล (Binomial formula) ของโลเวทท์

วิธีที่ 3 การหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's Anova procedure)

วิธีที่ 4 การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ โดยใช้สูตร สเปียร์แมน บราวน์ (Spearman-Brown) แล้วใช้สูตรปรับแก้ของแองกอฟฟ์

วิธีที่ 5 การหาค่าความเชื่อมั่นโดยสูตรของแฮริส

2.3 การหาค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบอัตนัย

ค่าความเชื่อมั่นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1978) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของฮอยท์ (Hoy & Miskel, 1941) ใช้กับแบบทดสอบที่มีระบบการตรวจให้คะแนนที่ไม่ใช่ 1 - 0

ความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ประกอบด้วย

1.1 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการคนเดียว อาจหาได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ของครอนบัค ในกรณีที่วัดครั้งเดียวตรวจครั้งเดียว หรืออาจหาความสัมพันธ์โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) สำหรับกรณีที่เป็นคะแนน และหาความสัมพันธ์ใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Sperman Rank correlation coefficient) กรณีที่คะแนนต้องจัดอันดับที่

1.2 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการ 2 คน ตรวจให้คะแนนปฏิบัติหรือผลงานของผู้เรียนกลุ่มเดียวกัน จะได้คะแนนมาเป็น 2 ชุด แล้วนำมาคำนวณหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนน 2 ชุดนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ คือ ค่าความเชื่อมั่นของการให้คะแนนของกรรมการ 2 คน ซึ่งสามารถคำนวณได้ 2 แบบ คือ

1.2.1 ถ้าเป็นคะแนนให้ใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) โดยในกรณี X เป็นคะแนนจากการตรวจของกรรมการคนที่ 1 และ Y เป็นคะแนนจากการตรวจของกรรมการคนที่ 2

1.2.2 ถ้าเป็นอันดับที่ให้ใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอันดับที่ของสเปียร์แมน (Sperman rank correlation coefficient) ซึ่งในกรณีนี้ D คือผลต่างของอันดับที่จากกรรมการ 2 คน

1.3 ความเชื่อมั่นของกรรมการมากกว่า 2 คน ในบางครั้งจะมีกรรมการหลายคนตรวจผลงานและให้คะแนนอย่างอิสระ เช่น การประกวดภาพวาด การตัดสินบทประพันธ์ การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของกรรมการอาจจะทำได้โดยคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ภายในระหว่างกรรมการแต่ละคู่ถ้าค่าสูงสุดความเชื่อมั่นของกรรมการชุดนี้ คำนวณได้ 2 วิธี ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ข้อมูลจะต้องเป็นการจัดอันดับที่คะแนนจะต้องเปลี่ยนให้เป็นอันดับที่เสียก่อน โดยใช้สูตรของกิลฟอร์ด (Guilfond) และสูตรของเคนดอล (Kendsll corffocien of concordanced)

ในการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยหาความเชื่อมั่นด้วยวิธีของ Livingston ซึ่งเหมาะสำหรับแบบทดสอบที่ให้คะแนนเป็น ทำถูกได้ 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน หาค่าความเชื่อมั่นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1978) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของฮอยท์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่มีให้คะแนนไม่เป็นทวิพันธ์ (Dichotomous) การตรวจให้คะแนนไม่ใช่ 1 กับ 0 และความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ซึ่งคำนวณหาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ตรวจโดยกรรมการ 2 คน คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient)

3. ความยาก (Difficulty)

สมนึก ภัททิยธนี (2546, หน้า 71) กล่าวว่า ความยาก หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เข้าสอบ

อนุวัติ คูณแก้ว (2550, หน้า 241) ให้ความหมายของความยาก หมายถึง การหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกข้อนั้น เมื่อเทียบกับจำนวนคนทั้งหมดที่ตอบคำถามข้อนั้นถูก แทนด้วยสัญลักษณ์ "p"

สรุปได้ว่า ค่าความยาก หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกข้อคำถามข้อนั้นถูก เมื่อเทียบกับจำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกทั้งหมด สัญลักษณ์ที่ใช้ "p"

ค่าความยาก หรือค่า p มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ถ้าค่า p เข้าใกล้ 0.00 หมายความว่าข้อสอบยาก ถ้าเข้าใกล้ 1.00 แปลว่าข้อสอบง่าย โดยค่าที่ p ที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 287-289)

ในการคำนวณหาความยากของแบบทดสอบอัตนัย สามารถคำนวณจากสูตรของไวท์นีย์และ ซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) วิธีนี้วิเคราะห์โดยตรวจข้อสอบและเรียงคะแนนจากน้อยไปหามาก หรือจากมากไปหาน้อย แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 25%

ในการคำนวณหาความยากของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ จากสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบถูกในข้อสอบข้อนั้น ๆ กับจำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบข้อสอบข้อนั้น พิจารณาจากสูตรดังนี้ (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 160)

ในการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยหาค่าความยากของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เป็นการวิเคราะห์หาความยากเป็นรายข้อของแบบวัดโดยใช้สูตรอย่างง่าย และหาค่าความยากของแบบทดสอบอัตนัย โดยสามารถคำนวณจากสูตรของไวท์นีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970)

4. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

4.1 ความหมาย

มีผู้เชี่ยวชาญและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของอำนาจจำแนกไว้ ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2546, หน้า 71) กล่าวว่า อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะ หรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน

อนุวัติ คูณแก้ว (2550, หน้า 242) ให้ความหมายของค่าอำนาจจำแนก หมายถึง การหาประสิทธิภาพของข้อสอบ ในการจำแนกนักเรียนออกเป็น 2 ส่วน คือ กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ “*r*”

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 294) ได้ให้ความหมายของอำนาจจำแนกไว้ว่า เป็นคุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่แต่ละบุคคล ได้ค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า อำนาจจำแนก หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อคำถามในการแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่มคนเก่งและอ่อน กลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์กับกลุ่มผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ในกรณีที่เป็นแบบทดสอบ หรือจำแนกผู้ที่มีคุณลักษณะสูงจากผู้ที่มีคุณลักษณะต่ำในกรณีที่เป็นแบบสอบถาม สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ “D”

4.2 การหาค่าอำนาจจำแนก

การหาค่าอำนาจจำแนกมีหลายวิธีตามลักษณะของเครื่องมือ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีวิธีวิเคราะห์หลายวิธี จะขอเสนอวิธีการวิเคราะห์โดยวิธีหาค่าดัชนีจำแนก B (B-Index) สำหรับวิเคราะห์ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice item)

วิธีการวิเคราะห์วิธีนี้ โดยทั่ว ๆ ไปเรียกว่า วิธีหาค่าดัชนีจำแนก B (B-Index) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบค่าดัชนีจำแนก B (B-Index) คือตัวเลขที่บ่งชี้ว่าแบบทดสอบมีความสามารถจำแนกผู้รอบรู้หรือผู้ที่ผ่านเกณฑ์และผู้ไม่รอบรู้หรือผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแต่ละ จุดประสงค์ได้มากน้อยเพียงใด

เบรนแนน (Brennan) ได้เสนอสูตรในการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแล้ว ตั้งชื่อเป็นดัชนีบี (Discrimination index B) การหาค่าอำนาจจำแนกวิธีนี้จะสอบครั้งเดียวจากกลุ่มตัวอย่างเดียว แล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ที่สอบได้คะแนนผ่านเกณฑ์ และกลุ่มผู้ที่สอบได้คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 167)

2) ในการคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตนัย สามารถคำนวณจากสูตรของไวท์นีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) วิธีนี้วิเคราะห์โดยตรวจข้อสอบและเรียงคะแนนจากน้อยไปหามากหรือจากมากไปหาน้อย แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนโดยใช้เทคนิค 25%

จากการศึกษาค่าอำนาจจำแนกที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่บอกว่าแบบวัดนั้นสามารถจำแนกบุคคลได้เป็น 2 กลุ่มที่มีลักษณะต่างกันในเรื่องที่กำลังศึกษา ซึ่งการเลือกใช้วิธีใดต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของเครื่องมือในการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยหาค่าอำนาจจำแนกแบบดัชนีบี (Discrimination index B) มาใช้ในการหาค่าสำหรับวิเคราะห์ข้อสอบแบบเลือกตอบ และหาค่าอำนาจจำแนก ด้วยสูตรของไวท์นีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers) ซึ่งเหมาะสมสำหรับหาค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่มีให้คะแนนไม่เป็นทวิพันธ์ (Dichotomous) การตรวจให้คะแนนไม่ใช่ 1 กับ 0

คะแนนจุดตัด (Cut score)

1. ความหมายของคะแนนจุดตัด

นักการศึกษาและนักวัดผล เรียก คะแนนจุดตัด (Cut scores) ในชื่อต่าง ๆ กัน เช่น เกณฑ์ (Criteria) มาตรฐาน (Standard) คะแนนผ่าน (Passing score) ระดับความรอบรู้ (Mastery level) หรือความสามารถต่ำสุด (Minimal competence) โดยให้ความหมายไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

เบอร์ก (Berk, 1980) คะแนนจุดตัด คือ จุดบนสเกลคะแนนของแบบทดสอบที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้ และกลุ่มไม่รอบรู้

อังคณา สายยศ (2525, หน้า 70) ให้ความหมายของคะแนนจุดตัดว่า หมายถึง คะแนนที่น้อยที่สุดที่นักเรียนจะต้องทำได้ในการที่จะได้รับการตัดสินให้เป็นผู้รอบรู้

ดำรง ศิริเจริญ (2529, หน้า 139) กล่าวถึงคะแนนจุดตัดว่าหมายถึง คะแนนที่น้อยที่สุดที่นักเรียนจะต้องทำได้ในการที่จะได้รับการตัดสินให้ผู้รอบรู้ คะแนนเกณฑ์อาจจะอยู่ในรูปของจำนวนข้อที่ผู้เรียนทำถูกในแต่ละจุดประสงค์

ครุ๊ค, เคน และโคเฮน (Crooks, Kane, & Chohen, 1999) กล่าวว่า คะแนนจุดตัดเป็นขอบเขตระหว่างรอยต่อของแต่ละกลุ่มซึ่งก็คือ จุดบนสเกลคะแนนนั้นเอง ตัวอย่างเช่น มีคะแนนจุดตัด 1 จุดที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผ่านและกลุ่มตก ซึ่งคะแนนจุดตัดนั้นเป็นการกำหนดขึ้นในทางปฏิบัติสำหรับกำหนดกลุ่มที่แตกต่างกัน

สรุปได้ว่า คะแนนจุดตัด คือ คะแนนที่เป็นเกณฑ์ต่ำสุดที่ใช้ตัดสินให้ผู้สอบเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้

2. แนวคิดเรื่องการกำหนดคะแนนจุดตัด

การกำหนดคะแนนจุดตัด (Cuts cores) มีวิวัฒนาการมากว่า 60 ปี ในปี ค.ศ. 1970 วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด (Cuts cores) ถูกใช้อย่างแพร่หลายสืบเนื่องมาจากความนิยมการทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced testing) การกำหนดคะแนนจุดตัด (Cuts cores) เป็นการดำเนินการเพื่อกำหนดคะแนนที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือสำหรับใช้เป็นเกณฑ์หรือขีดจำกัด (Threshold) ในการแบ่งคะแนนเป็น 2 กลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มที่สะท้อนถึงระดับความสามารถที่ต่างกัน (Berk, 1980; Cizek, Bunch, & Koons, 2007; Zieky, Perie, & Livngston, 2008; Towles-Reeves, 2008)

ในปี ค.ศ. 2001 คะแนนจุดตัด (Cuts cores) ได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางมากในสหรัฐอเมริกาเนื่องจากรัฐบาลกลางของสหรัฐอเมริกาออกกฎหมายปฏิรูปการศึกษาที่ชื่อว่า “No Child Left Behind” ที่มีผลบังคับทั้งโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาทั่วสหรัฐอเมริกา โดยมีสาระสำคัญว่านักเรียน เกรด 3-8 จะต้องมีพัฒนาการทางการเรียนด้านการอ่านและการคำนวณ และมีการจัดการทดสอบเพื่อวัดผลของพัฒนาการทางการเรียนเป็นรายปี เรียกว่า “Adequate Yearly Progress (AYP)” โดยได้กำหนดคะแนนจุดตัด (Cuts cores) เพื่อใช้ตัดสินระดับความสามารถทางด้านการอ่านและการคำนวณของนักเรียน (Zieky & Perie, 2006)

1. คะแนนจุดตัด (Cuts cores) มีบทบาทเพื่อการตัดสินใจซึ่งการตัดสินโดยการใช้คะแนนจุดตัด (Cuts cores) จะทำให้เกิดลักษณะของการตัดสินใจ 4 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การตัดสินว่าเป็นผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วเป็นผู้ที่มีความรู้พอที่จะผ่านเกณฑ์ได้ ซึ่งถือว่าเป็นการตัดสินใจคลาดเคลื่อนแบบไม่ยอมรับ (Error of rejection) หรือเรียกว่า ความผิดพลาดแบบลบ (False negative)

1.2 การตัดสินว่าเป็นผู้ผ่านเกณฑ์ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วเป็นผู้ที่ไม่มีความรู้พอที่จะผ่านเกณฑ์ ซึ่งถือว่าเป็นการตัดสินใจคลาดเคลื่อนแบบยอมรับ (Error of acceptance) หรือเรียกว่า ความผิดพลาดแบบบวก (False positive)

1.3 การตัดสินว่าผ่านเกณฑ์และในสภาพความเป็นจริงก็เป็นผู้ที่มีความรู้พอที่จะผ่านเกณฑ์ ถือว่าเป็นการตัดสินที่ถูกต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

1.4 การตัดสินว่าไม่ผ่านเกณฑ์และในสภาพความเป็นจริงก็เป็นผู้ที่ไม่มีความรู้พอ ที่จะผ่านเกณฑ์ ถือว่าเป็นการตัดสินที่ถูกต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

2. คะแนนจุดตัด (Cuts cores) เป็นคะแนนซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ กล่าวคือ คะแนนจุดตัด (Cuts cores) เป็นคะแนนที่ได้จากการตัดสินของผู้ตัดสินหรือผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะตัดสินโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ในขณะนั้นเท่านั้น ดังนั้น การเลือกผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก โดยต้องเลือกผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ และต้องมีเอกสารประกอบการตัดสินใจที่เพียงพอเพื่อให้คะแนนจุดตัดที่ได้มีความแม่นยำ

3. ไม่มีคะแนนจุดตัด (Cuts cores) จริง กล่าวคือ คะแนนจุดตัด (Cuts cores) ที่กำหนดขึ้นเป็นเพียงคะแนนที่ได้จากการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญกลุ่มนั้น ๆ เท่านั้น และใช้กับการตัดสินใจหนึ่ง ๆ เฉพาะเท่านั้น

3. วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด (Standard-setting method)

การกำหนดคะแนนจุดตัดนั้น Hambleton and Eignor (1979 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 268) ได้แบ่งวิธีหาคะแนนจุดตัดออกเป็น 3 วิธี คือ การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา (Judgmental methods) การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical methods) และการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบผสม (Combination methods) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาตัดสินจากเนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อ แล้วคำนวณหาค่าคะแนนจุดตัด ซึ่งมีผู้เสนอหาคะแนนจุดตัดหลายวิธี ดังวิธีของ Nedelsky วิธีของ Angoff and Hambleton ดังนี้

3.1.1 วิธีของ Nedelsky เทคนิคนี้อาศัยการพิจารณาว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำสุดต้องมีคะแนนสอบผ่านขั้นต่ำเป็นเท่าไร โดยอาศัยความน่าจะเป็นของการเดา ตอบถูกจาก

แบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก คะแนนจุดตัดจะกำหนดจากคะแนนสอบผ่านขั้นต่ำของนักเรียนที่มีความสามารถขั้นต่ำสุด

3.1.2 วิธีของแองกอฟ (Angolf Method) ถูกคิดค้นโดย Willoam H. Angoff ในปี ค.ศ. 1970 เพื่อใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัดสำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งวิธีแองกอฟถูกนำไปใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัดอย่างกว้างขวางสำหรับการทดสอบที่มีความสำคัญ (Angoff, 1971 cited in Kane, 1994) และยังได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (Zieky et al., 2008) ทั้งนี้เนื่องจากว่าวิธีแองกอฟเป็นวิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติและเป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยการพิจารณาจากข้อสอบจึงสามารถดำเนินการได้ทั้งก่อนและหลังที่มีการจัดสอบแล้ว โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง ซึ่งผู้ที่มีความสามารถคาบเส้น หมายถึง คนที่มีระดับความรู้ขั้นต่ำในระดับความสามารถนั้น ๆ เมื่อพิจารณาครบทุกข้อแล้วก็นำค่าความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ซึ่งกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาหาค่าเฉลี่ยก็จะได้ความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องเป็นรายข้อ จากนั้นก็รวมค่าความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องจากทุกข้อในแบบสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

สำหรับวิธีการกำหนดให้ผู้ตัดสินพิจารณาโอกาสการตอบถูกของผู้ที่มีความสามารถขั้นต่ำจำนวน 2 รอบ โดยรอบแรก ผู้ตัดสินกำหนดโอกาสการตอบถูกของผู้สอบที่มีความสามารถขั้นต่ำในข้อสอบข้อแรก เมื่อกำหนดเสร็จก็นำผลการตอบถูกของผู้ตัดสินแต่ละคนใส่ลงในกระดาษ ถ้าผลการตอบของผู้ตัดสินคล้ายกันคือมีค่าห่างกันไม่เกิน 10% ก็ให้ผู้ตัดสินพิจารณาข้ออื่นถัดไป สำหรับในรอบที่สอง จะมีการอภิปรายร่วมกัน กรณีที่ผลการตัดสินของแต่ละคนไม่คล้ายกัน โดยจะให้ผู้ตัดสินที่ให้เปอร์เซ็นต์สูงสุดและต่ำสุดอธิบายเหตุผลที่ให้เปอร์เซ็นต์ต่ำสุดและสูงสุด จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินสามารถปรับเปลี่ยนผลการตัดสินของแต่ละคนได้ จากนั้นนำผลการตัดสินของแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ยก็จะได้คะแนนจุดตัด

ตัวอย่างการคำนวณคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการคำนวณคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ

ข้อสอบ	ผู้ตัดสิน (คนที่)											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	90	90	100	100	100	90	90	90	90	60	90	100
	80	90	90	100	90	90	90	90	60	70	90	90
2	80	90	90	40	100	80	100	70	80	90	100	70
	60	70	90	60	100	80	90	80	70	80	80	80
3	90	70	80	80	100	60	80	80	80	60	50	90
	90	80	90	70	80	60	70	80	80	60	60	90
4	70	60	70	80	90	80	80	70	70	60	50	90
	70	70	60	70	80	80	70	70	70	70	70	80
5	90	60	90	40	80	50	80	70	60	60	90	70
	80	70	90	60	80	60	70	70	70	70	80	70
6	60	60	80	60	70	70	80	80	60	50	70	80
	70	60	70	70	70	70	70	80	60	50	70	80
7	90	50	80	60	60	70	70	70	70	60	80	60
	80	60	80	70	60	70	60	80	60	50	80	70
8	80	50	70	80	40	90	70	70	60	60	70	70
	70	50	80	70	50	90	70	80	70	70	70	80
9	80	70	60	70	60	80	50	60	60	30	50	50
	90	70	70	70	60	80	50	60	60	30	50	60
10	60	80	50	60	70	90	70	60	30	40	40	50
	70	80	60	70	80	90	80	70	40	50	60	60
ค่าเฉลี่ย	79	68	77	67	77	77	77	72	66	57	69	76
	78	70	78	71	75	77	74	77	69	63	72	72

วิธีแองกอฟได้รับการปรับปรุงอีกหลายครั้ง ซึ่งเลคเก็ต (Reckase, 2000) กล่าวว่า ยังไม่มีข้อยุติเกี่ยวกับนิยามของกระบวนการแองกอฟ แต่สามารถสรุปขั้นตอนกว้าง ๆ ดังนี้ เลือกผู้ตัดสิน ฝึกผู้ตัดสิน กำหนดนิยามและอธิบายระดับการปฏิบัติที่ผู้สอบควรพึงมี หลังจากนั้น

ผู้ตัดสินจะได้รับข้อมูล เช่น ความยาก (*p*-value) ซึ่งจะนำมาใช้ประกอบการอภิปรายร่วมกันในแต่ละรอบ โดยปกติประมาณ 2-3 รอบ จากนั้นจึงคำนวณหาคะแนนจุดตัด

ต่อมาวิธีแองกอฟได้ถูกพัฒนาให้ง่ายต่อการปฏิบัติการขึ้น โดยอิมพาราและเพลค (Impara & Plake, 1997) ซึ่งใช้ชื่อว่า วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ เพื่อให้สามารถกำหนดคะแนนจุดตัดได้ในกรณีที่ข้อสอบแต่ละข้อให้คะแนนไม่เท่ากัน การพิจาณากำหนดคะแนนจุดตัดจะต่างจากวิธีแองกอฟตรงที่วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ จะให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องใช่หรือไม่ ซึ่งอิมพาราและเพลค ได้ทำการทดลองเคลื่อนเทียบคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟและวิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่

การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแองกอฟและวิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ จะดำเนินการกำหนดคะแนนจุดตัด 3 รอบ เนื่องจากเป็นจำนวนรอบที่นักวิชาการส่วนใหญ่นิยม (Busch & Jaeger, 1990; Hambleton & Plake, 1995; Hess, Subhiyah, & Giordano, 2007) แต่ละรอบผู้เชี่ยวชาญสามารถเปลี่ยนแปลงคะแนนจุดตัด โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

รอบที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านพิจารณาข้อสอบทีละข้อและตัดสินว่าผู้มีความสามารถคาบเส้นของแต่ละระดับความสามารถจะสามารถตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องใช่หรือไม่ หากผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าผู้มีความสามารถคาบเส้นของระดับความสามารถที่กำลังพิจารณาอยู่สามารถตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องก็ให้ใส่เลข 1 ลงในช่องผลการพิจารณาของข้อนั้น แต่หากผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าผู้ที่มีความสามารถคาบเส้นของระดับความสามารถที่กำลังพิจารณาอยู่ไม่สามารถตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องก็ให้ใส่เลข 0 ลงในช่องผลการพิจารณาของข้อนั้น โดยผู้เชี่ยวชาญจะต้องพิจารณาทีละระดับความสามารถจนครบทุกระดับ

รอบที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อยกับคะแนนจุดตัดที่กำหนดในรอบที่ 1 และกำหนดคะแนนจุดตัดอีกครั้งในรอบนี้ โดยใช้หลักการเดียวกันกับรอบที่ 1

รอบที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อยกับคะแนนจุดตัดที่กำหนดในรอบที่ 2 และกำหนดคะแนนจุดตัดอีกครั้งในรอบนี้ โดยใช้หลักการเดียวกันกับรอบที่ 1

วิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย (Extended Angoff Method) เป็นวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบใหม่ใช้สำหรับการประเมินที่ให้คะแนนหลายค่า ซึ่งใช้ประเมินการเรียนรู้ (Cizek, 1999, pp. 243-244) กระบวนการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีการแองกอฟมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1292 โดยวิลเลี่ยม แองกอฟ (William H. Angoff) ได้เสนอวิธีนี้ขึ้นมา และต่อมาแฮมเบลตันและเพลค (Hambleton & Plake, 1995) ได้นำวิธีการแองกอฟมาปรับปรุงเพื่อใช้ในการประเมินการปฏิบัติ นั่นคือ วิธีแองกอฟแบบปรับขยายถูกพัฒนาสำหรับการประเมินการปฏิบัติที่ให้คะแนนมากกว่า 2 ค่านั่นเอง วิธีการนี้กำหนดให้คณะผู้ตัดสินทำการประเมินคะแนนคาดหวังของผู้สอบคาบเส้น

(ผู้สอบที่เกือบไม่ได้รับการรับรอง) ในแบบฝึกหัดแต่ละฉบับที่ให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า งานของผู้ตัดสินก็คือ กำหนดความน่าจะเป็น (เช่น คะแนนที่คาดหวัง) ที่ผู้สอบที่คาบเส้นสามารถตอบข้อสอบถูก คะแนนที่คาดหวังจากแบบฝึกหัดของผู้ตัดสินจะถูกนำมาเฉลี่ยเพื่อให้ได้มาตรฐานที่ต้องการสำหรับใช้ในการรับรองเพื่อ ให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นจะขอยกตัวอย่างงานวิจัยของแฮมเบลตัน (Hambleton, 1998) เป็นการผสมการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วย วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ และวิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย (Extended Angoff Method) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลสมมติฐานและตัวอย่างของการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วย วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ และวิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย

ข้อ	ผู้ตัดสิน						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**ค่าเฉลี่ย**
1	1	0	0	1	0	1	0.50
	1	1	0	0	0	1	0.50
2	0	0	0	1	1	1	0.00
	0	0	0	1	1	1	0.17
3	1	1	1	1	1	1	0.83
	1	1	1	1	1	1	0.83
4	1	1	1	1	1	1	1.00
	1	1	1	1	1	1	1.00
5	0	0	0	0	0	0	0.00
	0	0	0	0	0	0	0.00
6	0	0	0	0	0	0	0.00
	0	0	0	0	0	0	0.00
7	1	1	1	1	1	1	1.00
	1	1	1	1	1	1	1.00
8	1	1	1	1	1	1	1.00
	1	1	1	1	1	1	1.00
9	1	1	1	1	1	1	1.00
	1	1	1	1	1	1	1.00

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อ	ผู้ตัดสิน						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**ค่าเฉลี่ย**
10	1	1	1	0	1	1	0.83
	1	1	1	0	1	1	0.83
11	0	0	0	0	0	0	0.00
	0	0	0	0	0	0	0.00
12	0	0	1	0	0	0	0.17
	1	0	1	1	1	0	0.67
13	2	3	2	2	3	1	2.17
	3	3	3	3	3	2	2.83
14	1	2	1	2	2	1	1.50
	2	2	2	2	3	2	2.17
15	2	2	2	2	2	2	2.00
	3	3	3	3	3	2	2.83
16	3	3	2	2	3	2	2.50
	3	3	3	3	3	3	3.00
17	1	1	2	1	2	1	1.33
	2	2	2	2	2	1	1.83
18	2	3	3	2	3	2	2.50
	3	3	3	3	3	2	2.83
19	3	2	2	2	3	2	2.33
	3	3	3	3	3	3	3.00
20	2	3	3	2	3	2	2.50
	3	3	3	3	3	3	3.00
ค่าเฉลี่ย	2.00	2.38	2.13	1.88	2.63	1.63	2.10
	2.75	2.75	2.75	2.75	2.88	2.25	2.69

จากตารางที่ 10 นำเสนอข้อมูลสมมติฐานสำหรับคะแนนของ 20 ข้อ โดยผู้ตัดสิน 6 คน ประเมิน 2 รอบ สำหรับการให้คะแนนโดยใช้ วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ และวิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย คะแนนบนและล่างในแต่ละเซลล์ของตารางแทนการกำหนดคะแนนในรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ของผู้ตัดสิน ตามลำดับ ตารางแสดง 3 สถานการณ์ คือ

1. คำนวณจุดตัดที่มาจากการใช้วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่อย่างเดียว สำหรับข้อสอบที่ให้คะแนน 2 ค่า คือ 1, 0

2. คำนวณจุดตัดด้วยวิธีการแองกอฟแบบปรับขยายอย่างเดียว สำหรับที่ให้คะแนนมากกว่า 1 ค่า คือ 1 ถึง 4 คะแนน

3. คำนวณจุดตัดที่รวม วิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ และวิธีการแองกอฟแบบปรับขยาย

ความหมายของแต่ละผู้ประเมินและข้อสอบเป็นการนำเสนอในแต่ละรอบใช้ประเมิน 2 รอบ แสดงในตารางที่ 11 คะแนนจุดตัดของวิธีแองกอฟแบบใช่/ ไม่ใช่ ของข้อสอบ 12 ข้อ แบบเลือกตอบ (1, 0) ประมาณ 58% สำหรับผลรวมคะแนนแถว (0.58×12 ข้อ = 6.96) หรือทำได้ประมาณ 7 ข้อ จาก 12 ข้อ คะแนนจุดตัดของข้อสอบ 8 ข้อ ที่ให้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน คือ จากคะแนนรวม 32 คะแนน (2.69×8 ข้อ = 21.52) คะแนนจุดตัดของ 20 ข้อ ประกอบด้วยการผสมข้อสอบแบบเลือกตอบกับข้อสอบที่ให้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ประมาณ 28 คะแนน จากคะแนนเต็ม 44 คะแนน

3.1.3 วิธีของ Ebel วิธีนี้เป็นการใช้การพิจารณาจากลักษณะความยากง่ายและความเกี่ยวข้องในเนื้อหาของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เป็นหลักในการพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังไว้ในข้อสอบซึ่งอีเบล ได้กำหนดไว้ ดังนี้

ตารางที่ 11 การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอีเบล

ลักษณะข้อสอบ	ระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ		
	ง่าย	ปานกลาง	ยาก
ความจำเป็น	100%	-	-
ความสำคัญ	90%	70%	-
การยอมรับ	80%	60%	40%
ยังเป็นปัญหา	70%	50%	30%

จากตารางที่ 11 นำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ละข้อมาแจกแจงลักษณะ ของสิ่งที่เกี่ยวข้องในเนื้อหาแล้วคำนวณเป็นคะแนนจุดตัดหรือคะแนนการสอบผ่านของ นักเรียนดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบทดสอบฉบับหนึ่งมี 50 ข้อเมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พิจารณาแยกแยะลักษณะข้อสอบ ซึ่งจะกลายเป็นมีจำนวนข้อทั้งหมด 250 ข้อ (50× 5) แล้วนำไปคำนวณ คะแนนจุดตัดดังนี้

ตารางที่ 12 ตัวอย่างแบบทดสอบฉบับหนึ่งมี 50 ข้อเมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนพิจารณา แยกแยะลักษณะข้อสอบ

ลักษณะข้อสอบ	จำนวนข้อ	ความสำเร็จที่คาดหวังไว้	จำนวนข้อ × ความสำเร็จที่คาดหวังไว้
ความจำเป็น	47	100%	4,700
ความสำคัญ			
ง่าย	53	90%	4,770
ปานกลาง		70%	5,390
การยอมรับ			
ง่าย	12	80%	960
ปานกลาง	24	60%	1,440
ยาก	26	40%	1,040
ยังมีปัญหา			
ง่าย	2	70%	140
ปานกลาง	5	50%	250
ยาก	4	30%	120
รวม	250		

จากตารางที่ 12 ช่องลักษณะข้อสอบจะแยกแยะมาจากตารางที่ใช้เป็นหลักในการพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังไว้ในตารางข้างต้น ซึ่งแยกเป็นข้อสอบจำเป็นข้อสอบที่มีความสำคัญ โดยจำแนกย่อยเป็นข้อสอบง่าย ปานกลาง ข้อสอบที่ยอมรับที่ใช้ในการเรียน โดยจำแนกย่อยเป็นข้อสอบง่าย ปานกลาง และยาก ข้อสอบที่ยังมีปัญหาว่าจำเป็นต้องเรียนหรือไม่ โดยจำแนกเป็นข้อสอบ ง่าย ปานกลาง และยากเช่นกัน ส่วนช่องจำนวนข้อสอบนั้นเป็นตัวเลขที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาข้อสอบว่ามีลักษณะใด จำนวนกี่ข้อ รวมผู้เชี่ยวชาญ 5 คน แล้วจะมีจำนวนข้อสอบกี่ข้อดังเช่น ลักษณะข้อสอบความจำเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาจากข้อสอบ 50 ข้อ ว่าเป็นข้อสอบที่มีความจำเป็นต่อการเรียนรวมทั้ง 5 คนพิจารณา แล้วมี 47 ข้อ เป็นต้น เมื่อรวมทุกลักษณะและจาก

จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ก็จะมีข้อสอบรวมทั้งสิ้น 250 ข้อ จากช่องความสำเร็จที่คาดหวังไว้เป็นเปอร์เซ็นต์ที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนควรจะทำได้จำแนกตามลักษณะข้อสอบจากตารางของอีเบลข้างต้น สำหรับช่องสุดท้ายนั้นจะเป็นผลมาจากการเอาช่องจำนวนข้อคูณกับช่อง ความสำเร็จที่คาดหวังไว้แล้วรวมตัวเลขของช่องนี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18,810 จากนั้นจึงคำนวณหา คะแนนจุดตัดจากสูตร

$$\text{คะแนนจุดตัด} = \frac{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างจำนวนข้อกับความสำเร็จที่คาดหวังไว้}}{\text{ผลรวมจำนวนข้อของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด}}$$

$$\text{แทนค่าคะแนนจุดตัด} = \frac{18,800}{250} = 75.24$$

นั่นคือ แบบทดสอบ 50 ข้อ นี้มีจุดตัดที่ 75%

ดังนั้น จึงหมายความว่า ถ้าข้อสอบมี 100 ข้อ ต้องทำถูกอย่างน้อย 75 ข้อ

ถ้าข้อสอบมี 50 ข้อ ต้องทำถูกอย่างน้อย $\frac{75 \times 50}{100} = 37.5$ ข้อ

แสดงว่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบฉบับนี้เท่ากับ 37.5 คะแนน หรือเท่ากับ 38 คะแนน (กรณีทำถูกได้ 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนนในแต่ละข้อ)

3.1.4 วิธีของ Hambleton เป็นวิธีกำหนดคะแนนจุดตัดหรือเกณฑ์เพื่อใช้ในการแปลผลการปฏิบัติของผู้เรียนว่าได้เรียนรู้ หรือมีความสามารถตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยทั่วไปจะใช้ระดับ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของข้อสอบทั้งหมดเป็นเกณฑ์พิจารณา ถ้าผู้เรียนทำข้อสอบได้ถูกต้องถึงระดับนี้แล้วก็จะถือว่าผู้ได้เรียนรู้แล้ว สำหรับวิชาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมในการสร้างสรรค์หรือการแก้ปัญหาใหม่ ๆ อาจจะต้องใช้วิธีที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์

3.2 การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์

การกำหนดจุดตัดวิธีนี้อาศัยผลการสอบมาใช้ประกอบการพิจารณาตัดสินคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี บางวิธีจะใช้การนิยามความรอบรู้ด้วยคะแนนสอบหรือคะแนนดิบ เช่น วิธีของ (Livingston) วิธีทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision-theoretic approach) ของแกลสส์ (Glass) วิธีการของ Berk วิธีของ Huynh วิธีของ Krie-wall วิธีหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดาตอบและการสุ่มข้อสอบ (Errors dus to guessing and item sampling) ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีทฤษฎีการตัดสินใจของ Glass และวิธีการของ Berk ดังต่อไปนี้

3.2.1 วิธีทฤษฎีการตัดสินใจ วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดย (Glass, 1978, pp. 237-257) เป็นวิธีการที่แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม โดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก ซึ่งอาจจะเป็นผลการเรียนโดยปกติของนักเรียนหรือผลสำเร็จในการทำงานแล้วแบ่งเป็นกลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์ภายนอก

(Pass) และกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (Fail) ในแต่ละกลุ่มเมื่อทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่ต้องการหาคะแนนจุดตัดนั้นแล้วมีจำนวนคนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นในแต่ละจุดของคะแนนเกณฑ์เท่าไร ดังนี้

		เกณฑ์ภายนอก	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
คะแนนเกณฑ์	ไม่ผ่าน	P_A	P_B
ที่กำหนดในแบบทดสอบอิงเกณฑ์	ผ่าน	P_C	P_D

จากตารางที่กำหนดให้

P_A หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False negative)

P_D หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False positive)

P_B หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านทั้งเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และเกณฑ์ภายนอก

P_C หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบผ่านทั้งเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และเกณฑ์ภายนอก

สำหรับเกณฑ์ภายนอกที่กำหนดนั้นจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงแต่คะแนนของแบบทดสอบอิงเกณฑ์นั้นจะแปรผันไปตามคะแนนแต่ละค่าของแบบทดสอบ ซึ่งจะทำให้ค่า P_A, P_B, P_C และ P_D แปรผันตามไปด้วย และค่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์คือค่าของฟังก์ชันของคะแนนเกณฑ์ f(Cx) ที่มีค่าน้อยที่สุดจากสูตรดังนี้

$$f(C_X) = \frac{P_A + P_D}{P_B + P_C}$$

ในการคำนวณคะแนนจุดตัดด้วยสมการดังกล่าวต้องยอมรับว่าโอกาสที่จะจำแนกผู้สอบผิดทางลบ (False negative: α) กับจำแนกผู้สอบผิดทางบวก (False positive: β) มีค่าเท่ากัน ถ้าพิสูจน์ได้ว่าโอกาสที่จำแนกผิดทางลบและทางบวกมีค่าไม่เท่ากันแล้ว จะต้องคำนวณคะแนนจุดตัดจากค่าฟังก์ชันที่ปรับแก้แล้วในสูตรดังนี้

$$f(C_X) = \frac{aP_A + \beta P_D}{P_B + P_C}$$

โดยกำหนดให้ค่าโอกาสที่จำแนกผิดทางลบ คือ α และโอกาสที่จำแนกผิดทางบวก คือ β มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และจะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับผู้ประเมินผลการสอบจะต้องคำนึงถึง ความสำคัญสองประการนี้คือ

1. นักเรียนสอบผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก หรือสอบตกหรือเรียนไม่สำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไรเป็นตัวกำหนด α

2. นักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ แต่สามารถสอบผ่านเกณฑ์ภายนอกหรือสามารถเรียนสำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไร เป็นตัวกำหนด β โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติการคำนวณ หาคะแนนจุดตัดโดยวิธีทฤษฎีการตัดสินใจนี้ มักจะกำหนดให้ค่าจำแนกผิดทางลบ (α) กับการจำแนกผิดทางบวก (β) มีค่าเท่ากัน

3.2.2 วิธีการของ Berk Berk ได้หาคะแนนจุดตัด โดยประยุกต์มาจากวิธีการเพิ่มคะแนนเกณฑ์อื่น ๆ ซึ่ง Berk กล่าวว่า การกำหนดเกณฑ์คือการกำหนดจุดตัดของคะแนนที่แบ่งผู้เรียนออกเป็นสองพวก คือ พวกที่ได้รับการสอนให้เป็นพวกที่รอบรู้ (Master) พวกที่ไม่ได้รับการสอน เป็นพวกไม่รอบรู้ (Non-master) หลังจากให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทาแบบทดสอบแล้วพิจารณาการกระทำของคะแนนสองกลุ่มจะคาบเกี่ยวกัน จุดที่ฟังก์ชันทั้งสองตัดกัน คือ คะแนนพยากรณ์ที่จะแบ่งการเรียนรู้เป็นสี่พวกดังนี้

		การจำแนกเกณฑ์	
คะแนนพยากรณ์	รอบรู้	รอบรู้ (TM)	รอบรู้ไม่จริง (FM)
	ไม่รอบรู้	ไม่รอบรู้ไม่จริง (FM)	ไม่รอบรู้จริง (TM)

คะแนนจุดตัดนี้เป็นคะแนนพยากรณ์ นำมาหาค่าคะแนนเกณฑ์ที่ให้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินอย่างถูกต้อง คือ ค่า P(TM) + P(TN) สูงสุด หรือให้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินผิด คือ ค่า P(FM) + P(FN) ต่ำสุด ณ จุดคะแนนนั้นจะเป็นคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุด

ในการหาจะเลื่อนค่าคะแนนพยากรณ์ ไปเรื่อย ๆ จุดคะแนนหนึ่งที่มีค่า P(TM) + P(TN) สูงสุดและค่า P(FM) + P(FN) ต่ำสุดเป็นคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม

เมื่อ $P(TM) = \frac{TM}{M+N}$

$P(TN) = \frac{TN}{M+N}$

$P(FM) = \frac{FM}{M+N}$

$P(TN) = \frac{TN}{M+N}$

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ยังไม่ได้เรียน

M แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่เรียนแล้ว

คะแนนจุดตัดแต่ละคะแนนที่หาออกมาได้สามารถตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยใช้สัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของเกณฑ์ เพื่อเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุดของความน่าจะเป็นในการตัดสินถูกของแต่ละคะแนนจุดตัดมาเป็นคะแนนเกณฑ์ สูตรการหาความเที่ยงตรงของเกณฑ์ได้จากสูตร ดังนี้

$$\phi vc = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)SR(1-SR)}}$$

เมื่อ ϕvc แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์

BR แทน ค่าความน่าจะเป็นของผู้รอบรู้ในประชากร = P(FN) + P(TM)

SR แทน ค่าความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ผู้รอบรู้ในประชากร
= P(FM) + P(TM)

3.3 การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแบบผสม (Combination methods)

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดที่มีทั้งวิธีพิจารณาดุลยพินิจและเชิงประจักษ์ (Judgment-empirical) ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันเช่นวิธีกลุ่มตรงข้าม (Contrasting groups) ของไซกีและลิวิงตัน (Zieky and Novick) เป็นต้น

วิธีกำหนดคะแนนจุดตัดนั้นมีหลายวิธี อยู่ที่ดุลพินิจของผู้วิจัยว่ามีความสะดวก และความถูกต้องในการเก็บข้อมูลมากน้อยเพียงใด ก็ใช้วิธีนั้นหาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีของ Angoff Method สำหรับแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มาใช้กำหนดคะแนนจุดตัดโดยมีขั้นตอนการกำหนดคะแนนจุดตัดดังนี้

1) ผู้วิจัยให้ผู้ตัดสินนึกถึงความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถขั้นต่ำ (Minimally acceptable person)

2) ผู้ตัดสิน 6 คน ทำการตัดสินความเป็นไปได้ ที่เรียกว่า “ระดับการผ่านขั้นต่ำ (Minimally pass level) นั่นคือ ผู้ตัดสินจะกำหนดความสามารถขั้นต่ำของผู้สอบที่มีความเป็นไปได้หรือระดับขั้นต่ำโดยกำหนดในรูปของเปอร์เซ็นต์การตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกให้ครบทุกข้อโดยพิจารณาร่วมกับค่าความยาก

3) นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ผลการตัดสินต่ำสุดและสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จ ก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้

4) ผู้วิจัยนำผลการตัดสินของผู้ตัดสิน 6 คน มาเฉลี่ยหาระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อและระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อในแบบทดสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

5) ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล หาคะแนนจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

หาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกวิธีของ Extended Angoff Method สำหรับแบบทดสอบอัตนัย มาใช้กำหนดคะแนนจุดตัดโดยมีขั้นตอนการกำหนดคะแนนจุดตัด ดังนี้

1) ผู้วิจัยให้ผู้ตัดสินประมาณคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) โดยข้อสอบ 1 ข้อ ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อประเมินกระบวนการแก้ปัญหา คือ คำถามที่1 ทำความเข้าใจปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 3 ดำเนินการตามแผน โดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และคำถามที่ 4 ตรวจสอบผล โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 จากนั้นนำคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) ในแต่ละคำถามมารวมกันเพื่อเป็นคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) 1 ข้อ ผู้ตัดสิน 6 คนตัดสินคะแนนอย่างอิสระจากกันให้ครบทุกข้อโดยพิจารณาร่วมกับค่าความยาก

2) นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ ผลการตัดสินต่ำสุดและสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้

3) ผู้วิจัยนำผลการตัดสินของผู้ตัดสิน 6 คน มาเฉลี่ยหาระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อและระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อในแบบทดสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

4) ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล หาคะแนนจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเป็นแนวทางในการกำหนดจุดตัด ดังนี้

1. งานวิจัยในประเทศ

พรชัย จันทะคุณ (2546) ได้สร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า 1) การสร้างเครื่องมือได้ใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา 4 ขั้น คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนการแก้ปัญหา 3) การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา 4) การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อคำถามใช้ปัญหาที่นักเรียนไม่คุ้นเคย (Nonroutine problem) รูปแบบของการตอบให้เขียนคำตอบตามขั้นตอน 4 ขั้นของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนมีโมเดลคำตอบที่สังเคราะห์มาจาก 3 แหล่ง คือ จากการรวบรวมคำตอบถูกของนักเรียนจากผู้เชี่ยวชาญและจากผู้วิจัยและสร้างเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytical scoring) ผลการสร้างเครื่องมือ พบว่า แบบทดสอบมีความตรงตามเนื้อหาโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .415-.584 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .520-.724 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบอัตนัยชนิดสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบราค มีค่าเท่ากับ .833 ค่าความเที่ยงของการตรวจให้คะแนนใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) มีค่าเท่ากับ .99 พร้อมทั้งสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบด้านการดำเนินการสอบและการตรวจให้คะแนน 2) ด้านกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่นักเรียนทำได้เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ การทำความเข้าใจปัญหา การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาและการวางแผนการแก้ปัญหาตามลำดับ

สุรีพร อนุศาสนนันท์ (2550) ได้เปรียบเทียบคุณภาพของการกำหนดมาตรฐานระหว่างวิธีแองกอฟที่ได้รับการปรับปรุงกับวิธีบุ๊คมาร์ค พบว่า 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนจุดตัดที่กำหนดด้วยวิธีแองกอฟที่ได้รับการปรับปรุง 7 ระดับ คือ ระดับดีเยี่ยม (A) ระดับดีมาก (B+) ระดับดี (B) ระดับดีพอใช้ (C+) ระดับพอใช้ (C) ระดับอ่อน (D+) และระดับอ่อนมาก (D) ครั้งที่ 1 มีค่า 72.86, 64.31, 56.18, 43.37, 33, 59, 21.34 และ 12.98 ตามลำดับ ครั้งที่ 2 มีค่า 73.28, 63.74, 55.28, 45.11, 35.67, 22.94, 12.51 ตามลำดับ ครั้งที่ 3 มีค่า 73.49, 63.25, 52.82, 52.82, 41.46, 31, 19.07, 11.72 ตามลำดับ และมีคะแนนจุดตัดด้วยวิธีบุ๊คมาร์ค ครั้งที่ 1 มีค่า 80, 42, 65.75, 47.5, 33.17, 24, 14.75, 7.83 ตามลำดับ ครั้งที่ 2 เท่ากับ 80.58, 66.67, 47.5, 33.75, 24.58, 14.75, 7.83 ตามลำดับ และครั้งที่ 3 มีค่า 80.92, 64.08, 47.33, 34, 24.08, 14.83, 7.92 ตามลำดับ

2) การกำหนดมาตรฐานด้วยวิธีบุ๊คมาร์คมีค่าความเที่ยงตรงสูงกว่าวิธีแองกอฟที่ได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01 ทั้ง 7 ระดับ 3) ค่าความตรงของการกำหนดมาตรฐาน โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับผลการเรียนที่นักเรียนได้รับจากโรงเรียนกับระดับมาตรฐานที่กำหนดด้วยวิธีแองกอฟที่ได้รับการปรับปรุงเท่ากับ .661-.678 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับผลการเรียนที่นักเรียนได้รับจากโรงเรียนกับระดับมาตรฐานที่กำหนดด้วยวิธีบุ๊คมาร์ค เท่ากับ .533 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 5) ค่าความเที่ยงของการกำหนดมาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนผู้ตัดสิน และจำนวนครั้งเพิ่มขึ้น

จันทรา ศิลปรายะ (2551) ได้ปฏิบัติการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชุมชนบ้านไร่สีสุก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ พบว่า การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ครอบคลุมเนื้อหาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และการประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนจำนวนร้อยละ 76.92 ของนักเรียนทั้งหมด (จำนวน 20 คน) มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ร้อยละ 65 ขึ้นไป กระบวนการในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้ขั้นตอนในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สงเคราะห์มาจากหลักความพอเพียงของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ปรับความรู้พื้นฐานก่อนการแก้ปัญหา ขั้นที่ 2 พึ่งพาอาศัยกัน ขั้นที่ 3 แบ่งปันความรู้ ขั้นที่ 4 สู่การพึ่งพาตนเอง ในแต่ละขั้นตอนนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการตามแผน 4) ตรวจสอบ เป็นการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้นักเรียนได้ทั้งกระบวนการเรียนรู้การแก้ปัญหาตามกระบวนการของโพลยา และได้ใช้ทั้งกระบวนการของคุณธรรมตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง นักเรียนจึงเกิดการบูรณาการประสบการณ์ และกฎเกณฑ์ที่ดีจากการสร้างแนวคิดอย่างมีความหมาย มีโอกาสคิดอย่างมีอิสระได้แสดงศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ รวมถึงการแสดงความก้าวหน้าและความสามารถในการแก้ปัญหา ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเกณฑ์ที่กำหนด

จันทร์จิรา อังกสิทธิ์ (2552) ได้สร้างแบบวัดทักษะการคิดสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 1 พบว่า ผลการสร้างแบบวัดทักษะการคิด ได้แบบวัดทักษะ

การคิดของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 4 ฉบับ ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ มีจำนวนฉบับละ 30 ข้อ ลักษณะเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีจำนวน 30 ข้อ ลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ มีจำนวน 5 ข้อ ลักษณะเป็นแบบอัตนัย มีคุณภาพของเครื่องมือ คือ แบบวัดทั้ง 4 ฉบับ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 0.75 ถึง 1.00 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.31 ถึง 0.78 มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.512 ถึง 0.571 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.786 ถึง 0.843 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 2.6988 ถึง 3.5613 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 ในเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 1 โดยจำแนกตามสังกัด ขนาด และอำเภอของสถานศึกษา พบว่า 1) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ของนักเรียนในโรงเรียนที่มีสถานศึกษาขนาดแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในอำเภอต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์ จำแนกตามสังกัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 4) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์จำแนกตามขนาด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 5) ความสามารถในการคิดสังเคราะห์ และวิจารณญาณ จำแนกตามอำเภอแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำเพียร จันทร์แสน (2553) ได้สร้างแบบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า แบบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้น มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 0.60 ถึง 1.00 มีค่าความยากง่าย 0.20 ถึง 0.78 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ถึง 0.52 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 ถึง 5.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.96 ถึง 2.17 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายเท่ากับ 38.50 ถึง 44.90 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ได้แบบวัดจำนวน 31 ข้อ โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป และผลการตรวจความสอดคล้องของทฤษฎีและการรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยการทดสอบค่าไค-สแควร์ (χ^2) ทั้ง 5 องค์ประกอบมีค่า ไค-สแควร์สัมพันธ์ (χ^2/df) เท่ากับ 0.34 ถึง 1.30 และเมื่อทดสอบร่วมกับค่า *GFI* เท่ากับ 0.99 และ 1.00, ค่า *AGFI* เท่ากับ 0.98 และ 0.99, Standardized *RMR* เท่ากับ 0.015 ถึง 0.032, ค่า *RMSEA* เท่ากับ 0.0000 ถึง 0.023, Standardized Residual เท่ากับ 1.01 ถึง 1.78 และค่าเส้นกราฟ (Q-Plot) มีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุม ทุกองค์ประกอบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่าแบบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.761 และเกณฑ์ปกติ มีค่าอยู่ระหว่าง T21 ถึง T75

สุรีพร อนุศาสนนันท์ (2554) ได้พัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการวัดและประเมินผลในชั้นเรียน โดยกำหนดคะแนนมาตรฐานด้วยวิธีบุ๊คมาร์ค พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการวัดและประเมินในชั้นเรียนประเภทเลือกตอบที่พัฒนาแล้ว ฉบับที่ 1 มีค่าความยากระหว่าง -2.50 ถึง 3.00 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .49 ถึง .88 และค่าการเดาระหว่าง .11 ถึง .29 และประเภทอัตนัย ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ .98 และค่าความยากง่ายมีค่าระหว่าง -2.17 ถึง .47 ส่วนฉบับที่ 2 ค่าความยากระหว่าง -1.39 ถึง 3.00 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .50 ถึง .90 และการเดาระหว่าง .11 ถึง .29 และประเภทอัตนัย ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ .47 และค่าความยากระหว่าง -0.98 ถึง .59 2) ค่าสารสนเทศของแบบสอบฉบับที่ 1 อยู่ในช่วงประมาณ 3.9 ถึง 5.0 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความสามารถ (θ) ประมาณ -1.0 ฉบับที่ 2 ค่าสารสนเทศของแบบสอบอยู่ในช่วงประมาณ 3.9 ถึง 12.0 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความสามารถ (θ) ประมาณ -0.5 3) คะแนนจุดตัดที่อยู่ในรูปคะแนนดิบ และคะแนนความสามารถจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการวัดและประเมินผลในชั้นเรียน ซึ่งกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีบุ๊คมาร์ค 7 ระดับ ดังนี้ ระดับดีเยี่ยม (A) เท่ากับ 109 (1.453) ระดับดีมาก (B^+) เท่ากับ 91 (1.293) ระดับดี (B) เท่ากับ 83 (1.203) ระดับดีพอใช้ (C^+) เท่ากับ 65 (1.133) ระดับพอใช้ (C) เท่ากับ 49 (1.093) ระดับอ่อน (D^+) เท่ากับ 30 (1.0130) และระดับอ่อนมาก (D) เท่ากับ 13 (.933)

วาสนา ไกรแก้ว (2556) ได้สร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อวัดทักษะย่อย 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะวิเคราะห์และตีความหมายจากโจทย์ การวางแผนแก้ปัญหาการดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลลัพธ์ เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดใช้รูปแบบการตรวจให้คะแนนแบบแยกส่วน คุณภาพของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา ตั้งแต่ 0.67-1.00 มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.47-0.66 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.42 ค่าความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนโดยพิจารณาความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (RAI) เท่ากับ 0.992 ความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.912 เกณฑ์ปกติ (Norms) ของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 (อำนาจเจริญ) มีค่าทีปกติ (T_C) ตั้งแต่ T_{22} ถึง T_{80} นักเรียนร้อยละ 37.57 มีทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 23.67 มีทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูงร้อยละ 23.37 มีทักษะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำร้อยละ 8.88 มีทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับสูงมาก และร้อยละ 6.51 มีทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำมาก

ปราณี ค่อมบุญ (2558) ได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหา เป็นฐาน สานักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 ได้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน ประกอบด้วย ขั้นตอนในกระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 แบ่งกลุ่มเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้าและแก้ไขปัญหา ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าคำตอบ ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน เพื่อนำมาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีระดับคุณภาพความเหมะสมในระดับมากที่สุด นักเรียนมีผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แผนการจัด การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านตุ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. งานวิจัยต่างประเทศ

เวียสท์, วอง และคูซิค (Wiest, Wong, & Cusick, 1997, p. 5091) ได้ศึกษาถึงบทบาทของปัญหาแปลกใหม่และปัญหาในชีวิตจริงที่มีผลต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 4 และเกรด 6 โดยที่นักเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่ำ ผลการวิจัยปรากฏว่า มีนักเรียนเกรด 4 จำนวน 58% ที่สามารถเลือกวิธีในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม และนักเรียนเกรด 6 ใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสม 76% ของปัญหาที่ทำการแก้

คอนเวย์ (Conway, 1997, pp. 4297-A) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการสอนแบบเปิดที่มีต่อการแก้ปัญหากลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาวิชาชีพครูเอกการประถมศึกษา ซึ่งได้รับการสอนและประเมินเกี่ยวกับการแก้ปัญหาปลายเปิด ได้แก่ ปัญหาที่มีคำตอบเดียว แต่สามารถแก้ปัญหาได้หลายวิธี ปัญหาที่มีคำตอบถูกต้องหลายคำตอบ และปัญหาจากการสร้างของนักศึกษาเอง โดยศึกษามุมมองการแก้ปัญหาของนักศึกษา ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีพัฒนาการเกี่ยวกับความคิดยืดหยุ่นในการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิด แต่ตัวแปรด้านความคิดริเริ่มและความคิดแก้ปัญหาไม่มีการพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อการแก้ปัญหาและธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

บัคเคนดอล, สมิธ, อิมพารา และพลัค (Buckendahl, Smith, Impara, & Plak, 2002) ได้ทำ การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการกำหนดจุดตัดโดยวิธีบุ๊คมาร์คและแองกอฟ พบว่า คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยทั้งสองวิธีทีค่าเท่ากันทั้งนี้อาจเนื่องจากการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีบุ๊คมาร์คและวิธีแองกอฟ ใช้สารสนเทศในการพิจารณาเหมือนกันคือพิจารณาจากข้อสอบ ดังนั้นจึงทำให้ผลการกำหนดคะแนนจุดตัดมีค่าเท่ากัน

วิลเลี่ยม (William, 2003, pp. 185-187) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาว่าสามารถช่วยเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังเริ่มต้นเรียนพีชคณิต จำนวน 42 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 22 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน มีการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาได้เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนจำนวน 75 % มีความพอใจในกิจกรรมการเรียนและนักเรียนจำนวน 80% บอกว่ากิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เขาเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้นได้

ยินและชัลส์ (Yin & Schulz, 2005) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการกำหนดคะแนนจุดตัดระหว่างวิธีบุ๊คมาร์คและวิธีแองกอฟ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ปรับปรุงวิธี บุ๊คมาร์คและใช้ชื่อใหม่ว่าแมปมาร์ค ซึ่งวิธีแมปมาร์คจะมีการพิจารณา 3 รอบ และการพิจารณาในรอบจะเหมือนกับวิธีบุ๊คมาร์ค คือคณะผู้เชี่ยวชาญจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อย โดยคณะผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันพิจารณาคู่มือเรียงข้อสอบ และอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้ 1) ผู้สอบต้องมีความรู้ความสามารถในเรื่องใดจึงจะสามารถตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง และ 2) เหตุใดข้อสอบข้อนี้จึงยากกว่าข้อก่อน ๆ เมื่ออภิปรายครบทุกข้อแล้ว ผู้เชี่ยวชาญจะต้องกำหนดจุดตัดโดยที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะมีอิสระในการกำหนดจุดตัดโดยนำที่คั่นหนังสือมาขั้นที่ข้อสอบที่เป็นตัวแทนของคะแนนจุดตัด ผลการศึกษาพบว่า คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแมปมาร์คมีการกระจายไม่เป็นโค้งปกติ และมีช่วงคะแนนระหว่างคะแนนสูงที่สุดกับคะแนนต่ำที่สุดต่างกันมาก ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอว่าในการพิจารณาเพื่อกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแมปมาร์ค ควรใช้ค่ามัธยฐานแทนการใช้ค่าเฉลี่ย และเป็นที่น่าสังเกตว่าการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีแมปมาร์คนั้น ผลคะแนนจุดตัดที่ได้มีค่าน้อยกว่าคะแนนจุดตัดที่ใช้วิธีแองกอฟ ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Green et al. (2003) ซึ่งนำเสนอไปในตอนต้น

ไค เจน เทง (Kai-jen Teng, 2008) ได้ศึกษาการพัฒนาและการตรวจสอบความตรงของมาตรวัดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 678 คน จากโรงเรียนประถมศึกษา จำนวน 4 โรงเรียนใน Kaohsiung จากการทดสอบ พบว่า มีความเชื่อมั่นที่ดีด้วยค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค มีค่าเท่ากับ 0.71 และ 0.80 สำหรับแบบทดสอบ A และ B ตามลำดับ มีความเที่ยงตรงดี (ความตรงตามเนื้อหาโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง) อำนาจจำแนกสูงเท่ากับ 0.533 ยังพบว่า จากมาตรการวัดนี้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ระดับกลางกับการทดสอบคณิตศาสตร์นักเรียนปกติของพวกเขา (ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียน 4 โรงเรียน มีค่าอยู่ในช่วง 0.486-0.734)

Nijlen and Janssen (2008) เปรียบเทียบผลการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแองกอฟและวิธีกลุ่มตรงข้าม จากการศึกษาคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีกลุ่มตรงข้ามต่ำกว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ ทั้งนี้ ผู้วิจัยกล่าวว่าการที่คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีกลุ่มตรงข้ามต่ำกว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟนั้นเนื่องจากว่าครูที่ทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญเป็นครูผู้สอน จึงอาจเกิดความลำเอียงในการกำหนดคะแนนจุดตัดและกำหนดคะแนนจุดตัดต่ำกว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนาด้วยเทคนิควิธีการต่าง ๆ โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาทั้งในและนอกห้องเรียน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้น กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะ กระบวนการในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีเครื่องมือที่มีคุณภาพสำหรับที่จะนำไปใช้ในการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาช่วยพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ ด้วยกระบวนการคิดที่เป็นระบบและเป็นรูปธรรม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเพื่อหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหลักสูตร เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เกี่ยวกับมาตรฐาน การเรียนรู้ ตัวชี้วัด การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

2. กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย

3. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

3.1 ผู้ตัดสิน คือ ครูที่สอนรายวิชาคณิตศาสตร์

3.2 ผู้สอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

4. สร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ฉบับคือ ฉบับที่ 1 คือ แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 แบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 9 ข้อ

5. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะที่ 1 ดำเนินการสอบกับผู้สอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

6. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ระยะที่ 1 ดำเนินการสอบกับผู้สอบ โดยการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาคุณภาพแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่น

7. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะที่ 2 ดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้ตัดสิน โดยกลุ่มผู้ตัดสินที่เป็นครูที่สอนรายวิชาคณิตศาสตร์จบระดับปริญญาตรีขึ้นไป สาขาทางคณิตศาสตร์ มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์มาไม่น้อยกว่า 2 ปี จำนวนทั้งสิ้น 6 คน กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method สำหรับแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และ Extended Angoff Method สำหรับแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

7.1 กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method ดังขั้นตอนต่อไปนี้

7.1.1 ผู้วิจัยให้ผู้ตัดสินนึกถึงความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถขั้นต่ำ (Minimally acceptable person)

7.1.2 ผู้ตัดสิน 6 คน ทำการตัดสินความเป็นไปได้ ที่เรียกว่า “ระดับการผ่านขั้นต่ำ (minimally pass level) นั่นคือ ผู้ตัดสินจะกำหนดความสามารถขั้นต่ำของผู้สอบที่มีความเป็นไปได้หรือระดับขั้นต่ำโดยกำหนดในรูปของเปอร์เซ็นต์การตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกให้ครบทุกข้อ โดยพิจารณาร่วมกับค่าความยาก

7.1.3 นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ผลการตัดสินต่ำสุดและสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้

7.1.4 ผู้วิจัยนำผลการตัดสินของผู้ตัดสิน 6 คน มาเฉลี่ยหาระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อ และระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อในแบบทดสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

7.1.5 ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล หาคะแนนจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

7.1.6 นำเสนอผลการวิจัย แปลผล

7.2 กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Extended Angoff Method ดังขั้นตอนต่อไปนี้

7.2.1 ผู้วิจัยให้ผู้ตัดสินประมาณคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) โดยข้อสอบ 1 ข้อ ประกอบด้วย คำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อประเมินกระบวนการแก้ปัญหา คือ คำถามที่1 ทำความเข้าใจปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 3 ดำเนินการตามแผน โดยใช้

มาตราประมาณค่า 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และคำถามที่ 4 ตรวจสอบผลโดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 จากนั้นนำคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) ในแต่ละคำถามมารวมกันเพื่อเป็นคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) 1 ข้อ ผู้ตัดสิน 6 คน ตัดสินคะแนนอย่างอิสระจากกันให้ครบทุกข้อโดยพิจารณาร่วมกับค่าความยาก

7.2.2 นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ผลการตัดสินต่ำสุดและสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้

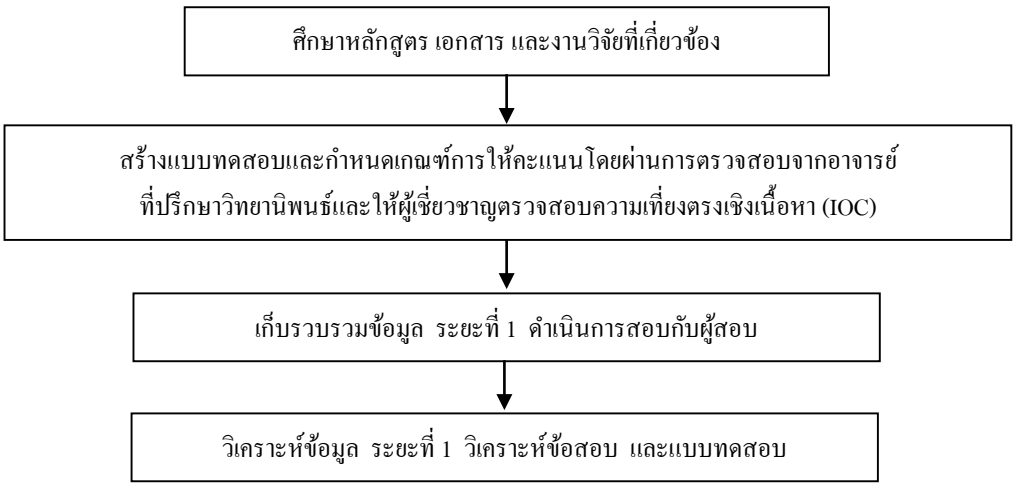
7.2.3 ผู้วิจัยนำผลการตัดสินของผู้ตัดสิน 6 คน มาเฉลี่ยหาระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อ และระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อในแบบทดสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

7.2.4 ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล หาคะแนนจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

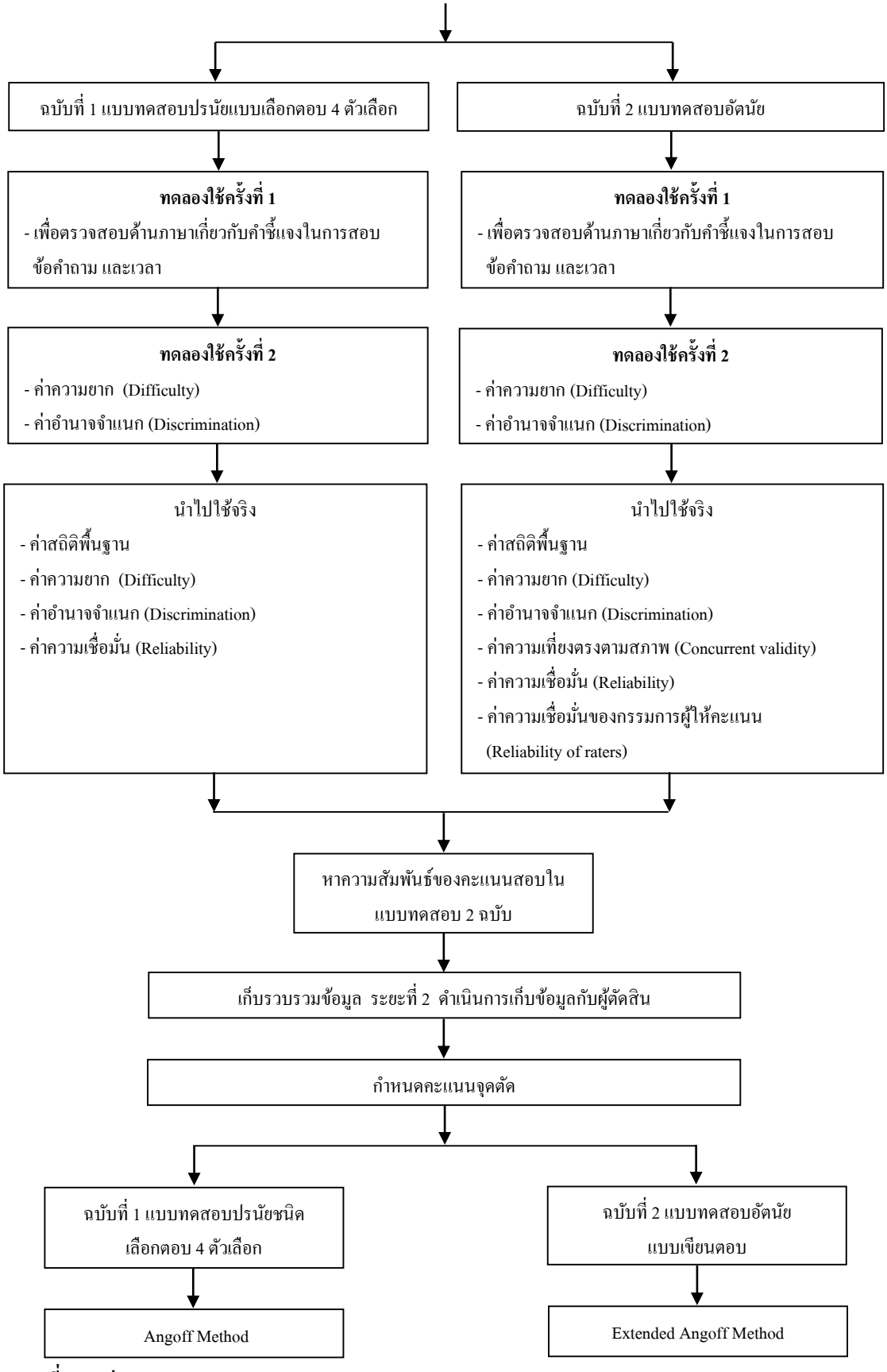
7.2.5 นำเสนอผลการวิจัย แปลผล

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมด ได้ดังนี้

จากลำดับขั้นตอนดังกล่าวสรุปได้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย


ฉบับที่ 1 แบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
ฉบับที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย
ทดลองใช้ครั้งที่ 1
- เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ ข้อคำถาม และเวลา
ทดลองใช้ครั้งที่ 1
- เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ ข้อคำถาม และเวลา
ทดลองใช้ครั้งที่ 2
- ค่าความยาก (Difficulty)
- ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)
ทดลองใช้ครั้งที่ 2
- ค่าความยาก (Difficulty)
- ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)
นำไปใช้จริง
- ค่าสถิติพื้นฐาน
- ค่าความยาก (Difficulty)
- ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)
- ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)
นำไปใช้จริง
- ค่าสถิติพื้นฐาน
- ค่าความยาก (Difficulty)
- ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)
- ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity)
- ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)
- ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters)
หาความสัมพันธ์ของคะแนนสอบใน แบบทดสอบ 2 ฉบับ
เก็บรวบรวมข้อมูล ระยะที่ 2 ดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้ตัดสิน
กำหนดคะแนนจุดตัด
ฉบับที่ 1 แบบทดสอบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
ฉบับที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย แบบเขียนตอบ
Angoff Method
Extended Angoff Method

ภาพที่ 3 (ต่อ)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยนี้ได้แบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม

1. ผู้ตัดสิน คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

2. ผู้สอบ คือ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีทั้งหมด 8,668 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 31 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

1. ผู้ตัดสิน คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่มีคุณสมบัติดังนี้

1.1 มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปในสาขาทางคณิตศาสตร์

1.2 มีความเชี่ยวชาญในการสอน คือ สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์และมีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 2 ปี

ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายให้ได้กลุ่มตัวอย่างผู้ตัดสินจำนวน 6 คน แล้วให้ผู้ตัดสินทุกคนทำการกำหนดคะแนนจุดตัด คือ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Extended Angoff Method

2. ผู้สอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี จำนวน 474 คน โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) คือ

2.1 การทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบและข้อคำถาม ว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบที่มีความเหมาะสมสำหรับการดำเนินงาน ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโรงเรียนจำนวน 1 โรงเรียน คือ โรงเรียนเกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา สุ่มตัวอย่างห้องเรียน ได้ห้องเรียน 1 ห้องเรียน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน

2.2 การทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการทดลองไปคำนวณเพื่อหาคุณภาพแบบทดสอบ ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโรงเรียนที่แบ่งตามขนาดโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม มีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน สุ่มห้องเรียน ในแต่ละโรงเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการ

สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้ห้องเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน รวมนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน

2.3 นำแบบทดสอบไปใช้จริง เป็นการนำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงในการทดลองใช้ครั้งที่ 2 นำใช้จริงและกำหนดคะแนนจุดตัด ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโรงเรียนที่แบ่งตามขนาดโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม มีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ได้โรงเรียนทั้งหมด 4โรงเรียน สุ่มห้องเรียน ในแต่ละโรงเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้ห้องเรียนทั้งหมด 8 ห้องเรียน รวมนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างดังนี้

การหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้โปรแกรม G*Power 3.1 เลือกวิธีการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบด้วย Correlation: Point biserial model ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) |p| = 0.2 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในการทดสอบประเภทที่หนึ่ง $\alpha = 0.05$ อำนาจการทดสอบ $(1-\beta) = 0.95$ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 314 คน ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดโรงเรียนและจุดประสงค์การทดสอบ

จุดประสงค์การทดสอบ	ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	ประชากร		กลุ่มตัวอย่าง		รวม
			คน	ห้อง	คน	ห้อง	
ทดลองใช้ครั้งที่ 1	กลาง	เกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา	154	4	10	1	10
ทดลองใช้ครั้งที่ 2	ใหญ่พิเศษ	พนัสพิทยาคาร	534	12	45	1	150
	ใหญ่	บ้านสวน (จั่นอนุสรณ์)	502	11	45	1	
	กลาง	พานทองสภาชนูปถัมภ์	356	5	37	1	
	เล็ก	อุทกวิทยาคม	20	1	20	1	
นำแบบทดสอบไปใช้จริง	ใหญ่พิเศษ	ชลกันยานุกูล	722	17	150	4	314
	ใหญ่	แสนสุข	637	14	100	2	
	กลาง	บ่อทองวงษ์จันทร์วิทยา	185	2	34	1	
	เล็ก	ทุ่งเหียงพิทยาคม	121	4	30	1	

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่รายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองจำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 9 ข้อ
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา จำนวน 9 ข้อ
ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน จำนวน 9 ข้อ
ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล จำนวน 9 ข้อ

ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) ซึ่งข้อสอบฉบับที่ 1 และข้อสอบฉบับที่ 2 เป็นข้อสอบที่มีความยากเท่ากัน และสถานการณ์โจทย์คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เป็นข้อความหรือสถานการณ์ที่วัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)
ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back)

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ในแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ข้อ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ข้อ

ให้ 0 คะแนน ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เพื่อประเมินความสามารถการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Charles et al., 1987, p. 30; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 ข, หน้า 104-106)

ตารางที่ 14 เกณฑ์การประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	**คะแนน**	**เกณฑ์การพิจารณา**
1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ ถูกต้องและครบถ้วน
	1	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องบางส่วน หรือไม่ครบถ้วน
	0	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ทำเลย
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	2	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสมสอดคล้องกับปัญหา และสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	1	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมกับประเด็นของปัญหา และสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	0	- นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ไม่สามารถแก้ปัญหาได้
3. ขั้นดำเนินการตามแผน	4	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสรุปคำตอบได้อย่างชัดเจนและครบถ้วน
	3	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่สรุปคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วน
	2	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนหรือมีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาบ้างแต่ไม่สำเร็จ
	1	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาเลย
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้หรือแสดงวิธีการแก้ปัญหาผิด

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
4. การตรวจสอบผล	2	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ชัดเจน ถูกต้อง
	1	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้หรือ ไม่มีการแสดงวิธีการตรวจคำตอบ

สำหรับขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลำดับขั้นดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เกี่ยวกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

1.3 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. วิเคราะห์เนื้อหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อหาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่นักเรียนต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อจะนำไปสู่การศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น และการปรับใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

2.1 จากการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ประกอบด้วยสาระหลัก 4 สาระ คือ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนแบบทดสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สาระ	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	รูปแบบข้อสอบ		รวม
			ปรนัย	อัตนัย	
2	- พื้นที่ผิวและปริมาตร	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	8	2	10
		2. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของพีระมิดและกรวย และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	4	1	5
		3. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกลม และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	4	1	5
		4. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	8	2	10
3	- ความคล้าย	5. นักเรียนสามารถใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกันในการแก้ปัญหาได้	4	1	5
4	- ระบบสมการเชิงเส้น	6. นักเรียนสามารถใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรแก้โจทย์ปัญหาได้	8	2	10
		รวม	36	9	45

สำหรับกรอบของข้อคำถาม กำหนดกรอบเพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ดังนี้ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back)

4. สร้างเครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยยึดเนื้อตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช

2551 จำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบประมาณ 36 ข้อ และเพื่อให้ข้อคำถามมีความเที่ยงตรงและครอบคลุม จึงได้สร้างคำถามเผื่อไว้ 20 เปอร์เซ็นต์ คือ สร้างข้อคำถามไว้ด้านละ 11 ข้อ จึงมีข้อคำถามจำนวน 44 ข้อ ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 11 ข้อ
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา จำนวน 11 ข้อ
ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน จำนวน 11 ข้อ
ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบประมาณ 9 ข้อ และเพื่อให้ข้อคำถามมีความเที่ยงตรงและครอบคลุม จึงได้สร้างคำถามเผื่อไว้ 20 เปอร์เซ็นต์ คือ สร้างสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 11 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) จากขั้นตอนการแก้ปัญหาดังกล่าว และได้เขียนคำสั่งย่อยให้สอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้คำสั่งย่อย 4 ข้อ คือ 1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ 1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ 2) การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์ 3) แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ 4) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ ซึ่งข้อสอบฉบับที่ 2 เป็นข้อสอบที่มีค่าความยากเหมือนกับข้อสอบฉบับที่ 1 และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์

5. นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้ง 2 ฉบับ ที่สร้างขึ้นให้ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อสอบและเกณฑ์การให้คะแนน ทำการปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ พิจารณาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความครอบคลุมตามโครงสร้างเนื้อหาตลอดจนความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ พิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

+1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด
0 เมื่อผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด
-1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

ผู้วิจัยได้พิจารณาข้อความที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกัน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และเป็นข้อคำถามที่ถูกต้อง ความเหมาะสมและครอบคลุมตามจุดประสงค์ ถือว่าข้อสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

6. การนำแบบทดสอบไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

6.1 การทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ และข้อคำถามแต่ละข้อ ตัวเลือก ว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 90 ของผู้สอบที่ทำแบบทดสอบเสร็จเพื่อใช้เป็นเวลาในการทำแบบทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ มีดังนี้

6.1.1 นำนักเรียนมาทำแบบทดสอบโดยจับเวลาในการทำแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคน เพื่อนำเวลาที่นักเรียนแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบ

6.1.2 เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบเสร็จ ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบว่ามีคำสั่ง และข้อคำถามชัดเจน เข้าใจตรงกันหรือไม่ รวมทั้งปัญหาต่าง ๆ ในการสอบ และได้ทำการปรับปรุงแบบทดสอบให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้หาคุณภาพต่อไป

6.1.3 ปรับปรุงแบบทดสอบ

6.2 การทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการทดลองไปปรับปรุงและหาคุณภาพแบบทดสอบ สำหรับการดำเนินงานมีดังนี้

6.2.1 นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับนักเรียน จำนวน 150 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและหาคุณภาพข้อสอบ

6.2.2 นำนักเรียนมาทำแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากนั้นเว้นช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยไปให้นักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 150 คนเดิมทำแบบทดสอบ

6.2.3 วิเคราะห์และหาคุณภาพข้อสอบ ดังนี้

6.2.3.1 ค่าความยาก (Difficulty) โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาค่าความยาก (p) จากสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย หาค่าความยาก (p) จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970)

6.2.3.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Discrimination) โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาค่าอำนาจจำแนกโดยหาดัชนีบี (Discrimination index B) กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย หาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) พิจารณาค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ส่วนข้อสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด คัดเลือกแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ

6.3 การนำแบบทดสอบไปใช้จริง เป็นการนำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงในการทดลองใช้ครั้งที่ 2 นำไปใช้จริงเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบและหาคะแนนจุดตัด สำหรับการดำเนินงานมีดังนี้

6.3.1 นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ ที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ตามเกณฑ์และที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน

6.3.2 นำนักเรียนมาทำแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากนั้นเว้นช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ไปให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เดิมทำแบบทดสอบ

6.3.3 คำนวณหาคุณภาพของข้อสอบ

6.3.3.1 ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.3.3.2 ค่าความยาก (Difficulty) โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาค่าความยาก (p) จากสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย นำคะแนนที่ได้จากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน มาเฉลี่ยหาค่าความยาก (p) จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970)

6.3.3.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) รายข้อ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาค่าอำนาจจำแนกโดยหาดัชนีบี (Discrimination index B) หาคะแนนจุดตัดด้วย Angoff Method และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย นำคะแนนที่ได้จากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน มาเฉลี่ยหาค่าอำนาจจำแนก เป็นรายข้อ จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970)

6.3.3.4 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) โดยการตรวจให้คะแนนจากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และติดต่ออาจารย์ผู้สอนของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้เพื่อขอคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคลทั้ง 314 คน เพื่อนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูผู้สอนได้ประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient)

6.3.3.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทักษะทั้งฉบับ หาโดยวิธีของ Livingston ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1978) และหาคะแนนจุดตัดด้วย Extended Angoff Method

6.3.3.6 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) คำนวณจากการหาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ตรวจโดยกรรมการ 2 คน ซึ่งเป็นครูที่สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปในสาขาทางคณิตศาสตร์ โดยการนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ไปให้กรรมการคนที่ 1 ตรวจให้คะแนนและนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ชุดเดิมไปให้ผู้ตรวจคนที่ 2 ตรวจให้คะแนน เพื่อคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient)

6.3.3.7 ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ โดยหาความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) เพื่อทดสอบว่าถ้าแบบทดสอบทั้ง 2 แบบมีความสัมพันธ์กันมาก แปลผลได้ว่าสามารถใช้แบบทดสอบทั้ง 2 แทนกันได้

6.3.3.8 หาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย Angolf Method ดังนี้ รอบที่ 1 ผู้ตัดสินจำนวน 6 คน พิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่าผู้ที่มีความรู้มีความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกหรือระดับการผ่าน

ขั้นต่ำในการตอบถูกแต่ละข้อ โดยให้ระดับคุณภาพของค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาความน่าจะเป็นในการตอบถูก เมื่อผู้เชี่ยวชาญทำการตัดสินความเป็นไปได้ในการตอบถูกของผู้ที่มีความสามารถครบทุกข้อแล้ว ระดับการผ่านขั้นต่ำจะถูกเฉลี่ย จากผู้ตัดสินเป็นระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อ ระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อ แล้วจึงเฉลี่ยด้วยจำนวนผู้เชี่ยวชาญ รอบที่ 2 นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ผลการตัดสินต่ำสุดและสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้ กำหนดเป็นคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และนำคะแนนจุดตัดแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้ และฉบับที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย กำหนดคะแนนจุดตัดด้วย The extended Angoff Method ดังนี้ รอบที่ 1 ผู้วิจัยให้ผู้ตัดสินประมาณคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) โดยข้อสอบ 1 ข้อ ประกอบด้วย คำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อประเมินกระบวนการแก้ปัญหา คือ คำถามที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 คำถามที่ 3 ดำเนินการตามแผน โดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และคำถามที่ 4 ตรวจสอบผลโดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ 0, 1, 2 จากนั้นนำคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) ในแต่ละคำถามมารวมกันเพื่อเป็นคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) 1 ข้อ ผู้ตัดสิน 6 คน ตัดสินคะแนนอย่างอิสระจากกันให้ครบทุกข้อโดยพิจารณาร่วมกับค่าความยาก รอบที่ 2 นำผู้ตัดสิน 6 คน รวมกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ผู้ตัดสินร่วมกันอภิปรายผลการตัดสินของแต่ละคน โดยเฉพาะผู้ตัดสินที่มีผลตัดสินต่ำสุดและสูงสุดในอธิบายแสดงความคิดเห็นถึงเหตุผลที่ให้ผลการตัดสินต่ำสุด และสูงสุด และระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจุดตัดของแต่ละคนพิจารณา เมื่อผู้ตัดสินอภิปรายเสร็จก็เปิดโอกาสให้ตัดสินคะแนนอีกครั้งหนึ่งอย่างอิสระจากกัน การให้คะแนนอีกครั้งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตัดสินปรับเปลี่ยนคะแนน หรือยังคงคะแนนเดิมก็ได้ ผู้วิจัยนำผลการตัดสินของผู้ตัดสิน 6 คน มาเฉลี่ยหาระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อ และระดับการผ่านขั้นต่ำรายข้อจะถูกรวมจากทุกข้อในแบบทดสอบเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

6.3.3.9 จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ

ตัวอย่าง แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง แบบวัดฉบับนี้ใช้วัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ข้อที่ถูกต้องและเหมาะสมเพียงข้อเดียวจากตัวเลือก ก. ข. ค. และ ง. ที่กำหนดแล้วนำไปตอบในกระดาษคำตอบ

น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 5% ชนิด B มีน้ำตาล 25% จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร มาผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 18% จำนวน 200,000 ลูกบาศก์

1. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”
(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M ข. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด B

ค. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และ ชนิด B ง. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิดผสม

เฉลย ข้อ ค.

2. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถเขียนระบบสมการได้อย่างไร”
(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $x+y=200$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=36$ ----------(2)

ข. $x+y=20$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=36$ ----------(2)

ค. $x+y=200$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=3.6$ ----------(2)

ง. $x+y=20$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=3.6$ ----------(2)

เฉลย ข้อ ก.

3. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบของระบบสมการเป็นเท่าไร”
(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 18, 182 ข. 60, 140

ค. 80, 120 ง. 130, 70

เฉลย ข้อ ง.

4. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”
(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด M ให้ได้ 18%

ข. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด B แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด B ให้ได้ 18%

ค. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M และชนิด B จากนั้นนำปริมาณน้ำตาลทั้งสองชนิดมาบวกกัน แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลรวมทั้งสองชนิดให้ได้ 18%

ง. นำปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และชนิด B มาบวกกันให้ได้ 200,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เฉลย ข้อ ค.

ตัวอย่าง แบบทดสอบอัตนัย วัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 300 บาท เด็กที่มีอายุมากกว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ100 บาท ปรากฏว่ามีผู้เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน และขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท อยากทราบว่ามีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 300 บาท
เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ 100 บาท
- ผู้เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน
- ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

ผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือการเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

ให้ x แทนจำนวนผู้ใหญ่ที่เข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

y แทนจำนวนเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี ที่เข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน จะได้สมการ $x + y = 10,000$ ----------(1)

ผู้ใหญ่ จ่ายคนละ 300 บาท คิดเป็นเงิน $300x$ บาท

เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี จ่ายคนละ 100 บาท คิดเป็นเงิน $100x$ บาท

ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท

จะได้สมการ $300x + 100y = 1,675,800$ ----------(2)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

$x + y = 10,000$ ----------(1)

$300x + 100y = 1,675,800$ ----------(2)

$(2) \div 100$; $3x + y = 16,758$ ----------(3)

$(3) - (1)$; $2x = 6,758$

$x = 3,379$

แทน x ด้วย 3,379 ในสมการ (1) จะได้ $3,379 + y = 10,000$

$y = 6,621$

ตอบ *ผู้ใหญ่ 3,379 คน และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 6,621 คน*

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

ถ้ามีผู้ใหญ่เข้าชม 3,379 คน ขายบัตรได้เงิน $300 \times 3,379 = 1,013,700$ *บาท*

มีเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 6,621 คน ขายบัตรได้เงิน $100 \times 6,621 = 662,100$ *บาท*

รวมผู้เข้ารวมชม $3,379 + 6,621 = 10,000$ *คน*

ขายบัตรได้เงิน $1,013,700 + 662,100 = 1,675,800$ *บาท*

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวมรวบข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ดำเนินการสอบกับผู้สอบ และระยะที่ 2 ดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มผู้ตัดสิน มีขั้นตอนการดำเนินงานเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละระยะดังนี้

การเก็บข้อมูลระยะที่ 1 (ดำเนินการสอบกับผู้สอบ)

1. ติดต่อขอรับหนังสือจากมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งกำหนด วัน เวลา ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้โรงเรียนทราบ

2. วางแผนดำเนินการสอบ โดยติดต่อประสานงานกับคุณครูประจำชั้น และคุณครูผู้สอนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย นัดหมายและกำหนดเวลาในการสอบ

3. เตรียมเครื่องมือให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบในแต่ละครั้ง และวางแผนดำเนินการสอบ

4. นำแบบทดสอบไปสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ตามวัน เวลาที่นัดหมายกับทางโรงเรียนด้วยตนเอง โดยชี้แจงให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบวัตถุประสงค์ของการสอบและขอความร่วมมือในการสอบเพื่อให้ได้ผลตามความเป็นจริง

5. ผู้วิจัยดำเนินการสอบนักเรียนจำนวน 474 คน ทั้ง 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ และดำเนินการเก็บข้อมูลจริง โดยดังนี้ การทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ และข้อคำถามว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบที่มีความเหมาะสมสำหรับการดำเนินงานการทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการทดลองไปปรับปรุงและหาคุณภาพแบบทดสอบหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก แล้วนำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงแบบทดสอบ นำแบบทดสอบไปใช้จริง เป็นการนำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงในการทดลองใช้ครั้งที่ 2 นำใช้จริงเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบและกำหนดคะแนนจุดตัด โดยหาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ค่าความเชื่อมั่น ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน และค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ การเก็บข้อมูลระยะที่ 1 ใช้เวลาทั้งสิ้น 1 ภาคเรียน คือ ปีการศึกษา 2560 ภาคเรียนที่ 1 วิธีการเก็บข้อมูลคือ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากนั้นเว้นระยะการสอบ 1 สัปดาห์ และให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2

6. นำผลการสอบจากการทดลองใช้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อปรับปรุงข้อสอบและนำผลจากการเก็บข้อมูลจริงมาวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบและกำหนดคะแนนจุดตัด

การเก็บข้อมูลระยะที่ 2 (ดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้ตัดสิน)

1. ผู้วิจัยติดต่อขอรับหนังสือจากมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความร่วมมือจากครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งกำหนด วัน เวลา ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครูทราบ

2. ผู้วิจัยส่งหนังสือขอเชิญผู้ตัดสิน 6 คน (รายนามปรากฏในภาคผนวก ก) มาร่วมกันกำหนดคะแนนจุดตัด ณ ห้องโสตทัศนศึกษา โรงเรียนเกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา จำนวน 2 วัน

3. ผู้วิจัยจัดเตรียมเอกสารประกอบการกำหนดคะแนนจุดตัด ได้แก่ แบบฟอร์มการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method และ Extended Angoff Method และค่าความยากของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ตัดสินใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัด

4. วันที่ 1 ผู้วิจัยอธิบายวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method จากนั้นยกตัวอย่างพร้อมให้ผู้ตัดสินทั้ง 6 คนได้ทดลองกำหนดคะแนนจุดตัดเพื่อสร้างความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน ดำเนินการเก็บข้อมูลจริงโดยให้ผู้ตัดสิน จำนวน 6 คน ตัดสินกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method

5. วันที่ 2 ผู้วิจัยอธิบายวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method จากนั้นยกตัวอย่างพร้อมให้ผู้ตัดสินทั้ง 6 คน ได้ทดลองกำหนดคะแนนจุดตัดเพื่อสร้างความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน ดำเนินการเก็บข้อมูลจริงโดยให้ผู้ตัดสิน จำนวน 6 คน ตัดสินกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage: P) (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 309)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean: $\overline{X}$) (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 139)

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2551, หน้า 69) โดยใช้สูตรดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum_{i=1}^{N} x_i^{\,2} - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum_{i=1}^{N} x_i$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum_{i=1}^{N} x_i^2$ แทน ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง

$\left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียน

2. สถิติในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ความยากของแบบทดสอบ (Item difficulty index: p)

แบบปรนัย

ค่าความยากของข้อสอบ (p) คือ สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบถูกในข้อสอบข้อนั้น ๆ กับจำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบข้อสอบข้อนั้น พิจารณาจากสูตรดังนี้ (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 160)

$$p = \frac{\text{จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อนั้นถูก}}{\text{จำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบข้อสอบข้อนั้น}} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากของข้อสอบ
$\sum R$ แทน จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก
N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดที่ตอบข้อสอบนั้น

เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 162)

ค่าความยาก (P)	ความหมาย
0.00-0.19	ข้อสอบยาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง
0.20-0.39	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้
0.40-0.60	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้
0.61-0.80	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้
0.81-1.00	ข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

แบบอัตนัย

ค่าความยาก (Difficulty: p) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยคำนวณหาค่าดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัย จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1970)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าดัชนีความยาก
S_H แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง
S_L แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ
N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.2 อำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

แบบปรนัย

ดัชนีบี (Discrimination index B) การหาค่าอำนาจจำแนกวิธีนี้เอาแบบทดสอบไปสอบกับนักเรียนหลังจากนักเรียนเรียนรู้แล้ว แล้วนำข้อมูลมาคำนวณจากสัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์กับกลุ่มที่สอบยังไม่ผ่านเกณฑ์ การคำนวณด้วยวิธีนี้จะต้องรู้คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบก่อน มีสูตรดังนี้ (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 167)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์

L แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์

n_1 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

ในการหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรนี้ต้องหาจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มผ่านเกณฑ์และกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยใช้วิธีกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 162)

ค่า B-index	**ความหมายว่าข้อสอบนั้นสามารถ**
+1.00	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องทุกคน
0.50-0.99	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
0.20-0.49	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน
0.00-0.19	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องน้อยมาก
ติดลบ	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ตรงข้ามกับความตรง

แบบอัตนัย

วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1970) วิธีนี้วิเคราะห์โดยตรวจข้อสอบและเรียงคะแนนจากน้อยไปหามากหรือจากมากไปหาน้อย แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 25% ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 298)

$$D = \frac{S_H - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ D แทน เป็นอำนาจจำแนกของแบบวัด

S_H แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 162)

ค่าอำนาจจำแนก (*r*)	ความหมาย
ต่ำกว่า 0	ข้อสอบจำแนกไม่ได้ ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง
0.00-0.19	ข้อสอบจำแนกได้ต่ำ ควรตัดทิ้ง หรือปรับปรุง
0.20-0.29	ข้อสอบจำแนกได้พอใช้ นำไปใช้ได้
0.30-0.39	ข้อสอบจำแนกได้ดี นำไปใช้ได้
0.40 ขึ้นไป	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

2.3 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ใช้สูตรค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร, 2555, หน้า 160)

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_i}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.4 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 210-244)

$$r_{XY} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{XY} แทน ค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพ

n แทน จำนวนผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบ

$\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนของแบบทดสอบที่หาความเที่ยงตรงเชิงสภาพ

$\sum Y$ แทน ผลรวมคะแนนความรู้ของผู้เรียนในขณะนั้นหรือคะแนนเกณฑ์

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแบบทดสอบของผู้เรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมของคะแนนเกณฑ์ของผู้เรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนแบบทดสอบกับคะแนนเกณฑ์

2.5 ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดทั้งฉบับ

แบบปรนัย

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ใช้แบบทดสอบฉบับเดียว และสอบเพียงครั้งเดียว โดยอาศัยนิยามความแปรปรวนของคะแนนจริงและคะแนนที่สอบได้จากการหาค่าที่คาดหวังของค่าความเบี่ยงเบนกำลังสองของคะแนนแต่ละค่าที่เบี่ยงออกจากคะแนนจุดตัด สำหรับสูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของลิฟวิงสตัน (Livingston, 1972) คือ

$$r_{cc} = \frac{r_{tt} \cdot S_t^2 + (\overline{X} - C)^2}{S_t^2 + (\overline{X} - C)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นเมื่อคำนวณด้วยวิธีอิงกลุ่ม (ซึ่งคำนวณได้จากสูตร K.R.20)

S_t^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมจากแบบทดสอบ

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมจากแบบทดสอบ

C แทน คะแนนเกณฑ์ (คะแนนขั้นต่ำที่จะตัดสินว่ารอบรู้)

การคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์โดยวิธีการของลิฟวิงสตัน จะใช้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงกลุ่มโดยใช้สูตร Kuder-richardson formula 20 (KR - 20) สูตรนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่าสัดส่วนของคนที่ตอบถูกในแต่ละข้อกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554, หน้า 180-182)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรนี้ต้องหาจุดตัดเพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มผ่านเกณฑ์และกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยใช้วิธีกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff

แบบอัตนัย

ค่าความเชื่อมั่นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1978) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของฮอยท์และมิสเกล (Hoy & Miskel, 1941) ใช้กับแบบทดสอบที่มีระบบการตรวจให้คะแนนที่ไม่ใช่ 1 - 0 โดยมีสูตรในการคำนวณ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 240) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_p}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

$$MS_E = \frac{SS_E}{(K-1)(n-1)}$$

$$SS_E = SS_T - SS_p - SS_i$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K}(X_{ij} - C)^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K}X_{ij}^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK} + nK(\overline{X} - C)^2$$

$$SS_i = n\sum_{j=1}^{k}(\overline{X}_j - \overline{X})^2 = \frac{\left[\sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{n}X_{ij}\right]^2}{n} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K}X_{ij}\right]^2}{nK}$$

$$SS_p = K\sum_{i=1}^{n}(\overline{X} - C)^2$$

$$MS_p = \frac{SS_p}{n}$$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สัญลักษณ์ทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ ดังนี้

p	แทน	ค่าความยาก (Difficulty) ของข้อสอบ
D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ
IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมย่อย
r_{xy}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเที่ยงตรงตามสภาพ
n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลองแต่ละครั้ง
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
r_{12}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน
r_{tt}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของข้อสอบปรนัย (KR-20)
r_{cc}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของข้อสอบปรนัย (Livingston)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ พิจารณาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ตัดสินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ของโรวิเนลลีและแฮมเบิลตัน (Rovinelli & Hambleton, 1977 cited in Hambleton, 1978) กำหนดเกณฑ์การเลือกข้อสอบจากการพิจารณาค่า IOC โดยผู้วิจัยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผลการวิเคราะห์และการแปลความหมายปรากฏในตารางที่ 16-17

ตารางที่ 16 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC
1	1.00	12	0.67	23	0.33	34	0.67
2	1.00	13	1.00	24	0.67	35	0.67
3	1.00	14	0.67	25	1.00	36	1.00
4	0.67	15	1.00	26	0.33	37	0.67
5	1.00	16	0.67	27	1.00	38	1.00
6	0.67	17	0.67	28	0.67	39	0.67
7	0.33	18	0.67	29	0.67	40	0.67
8	1.00	19	1.00	30	1.00	41	1.00
9	1.00	20	0.67	31	0.67	42	0.33
10	1.00	21	1.00	32	0.67	43	0.67
11	0.33	22	0.33	33	0.33	44	0.33

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 8 ข้อ นั่นคือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกที่สร้างขึ้นได้รับการพิจารณาจากผู้มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์ว่าจำนวน 36 ข้อ วัดได้ตรงตามจุดประสงค์และอีก 8 ข้อ วัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

ตารางที่ 17 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC
1	1.00	7	1.00
2	0.67	8	0.33
3	0.67	9	0.67
4	1.00	10	0.67
5	1.00	11	0.33
6	0.67		

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 2 ข้อ นั่นคือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่สร้างขึ้นได้รับการพิจารณาจากผู้มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์ว่าจำนวน 9 ข้อ วัดได้ตรงตามจุดประสงค์และอีก 2 ข้อ วัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ผลการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ และข้อคำถามว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบที่มีความเหมาะสม ปรากฏในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 2 ฉบับ

คนที่	เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ (นาที)	
	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2
1	85	90
2	80	90
3	100	90
4	90	95
5	90	80
6	100	100
7	90	90
8	80	80
9	95	95
10	90	90
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	90	90

จากตารางที่ 18 พบว่า ผลการทดลองใช้แบบทอสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ ปรากฏว่า นักเรียนมีความเข้าใจในข้อคำถามแต่ละข้อและคำชี้แจงได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยนักเรียนใช้เวลาทำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ 90 นาที และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 10 ข้อ 90 นาที

2. ผลการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการสอบไปปรับปรุงและหาคุณภาพข้อสอบ

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 150 คน นำมาหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกในแต่ละข้อ จำแนกโดยนำเกณฑ์ของการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยผู้วิจัยได้ยึดเกณฑ์ดังกล่าวในการตัดสินเลือกข้อสอบไว้และนำไปปรับปรุง ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ปรากฏในตารางที่ 19-20

ตารางที่ 19 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจ	ความหมาย		
	(*p*)	จำแนก (*D*)	ความยาก (*p*)	อำนาจจำแนก (*D*)	สรุป
1	0.76	0.39	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
2	0.67	0.51	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
3	0.52	0.61	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
4	0.23	0.30	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
5	0.70	0.36	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
6	0.61	0.38	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
7	0.49	0.54	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
8	0.24	0.42	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
9	0.77	0.39	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจ	ความหมาย		
	(*p*)	จำแนก (*D*)	ความยาก (*p*)	อำนาจจำแนก (*D*)	สรุป
10	0.72	0.42	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
11	0.59	0.62	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
12	0.33	0.56	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
13	0.77	0.36	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
14	0.71	0.35	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
15	0.54	0.68	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
16	0.35	0.59	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
17	0.79	0.40	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
18	0.72	0.53	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
19	0.65	0.69	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
20	0.37	0.66	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
21	0.80	0.27	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
22	0.79	0.30	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
23	0.64	0.62	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจ	ความหมาย		
	(*p*)	จำแนก (*D*)	ความยาก (*p*)	อำนาจจำแนก (*D*)	สรุป
24	0.36	0.64	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
25	0.80	0.43	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
26	0.78	0.42	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
27	0.50	0.71	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
28	0.25	0.47	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
29	0.79	0.18	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องน้อยมาก	เลือกไว้
30	0.79	0.20	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
31	0.65	0.50	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
32	0.37	0.49	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
33	0.76	0.31	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกไว้
34	0.72	0.39	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
35	0.61	0.59	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
36	0.31	0.58	ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้	บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	เลือกไว้
ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$				0.60	
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$				0.47	

จากตารางที่ 19 พบว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.23-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.18-0.71 มีข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ทั้งค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) จำนวน 36 ข้อ ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.60 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่ายนำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.47 นั่นคือ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน

ตารางที่ 20 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจ	ความหมาย		
	(p)	จำแนก (D)	ความยาก(p)	อำนาจจำแนก (D)	สรุป
1	0.60	0.56	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
2	0.60	0.47	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
3	0.61	0.56	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
4	0.62	0.63	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
5	0.64	0.55	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
6	0.63	0.64	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
7	0.63	0.64	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
8	0.64	0.59	ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
9	0.60	0.57	ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้	ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้	เลือกไว้
ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$			0.62		
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$			0.58		

จากตารางที่ 20 พบว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.60-0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.47-0.64 มีข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ทั้งค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) จำนวน 9 ข้อ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.62 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.58 นั่นคือ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

3. การนำแบบทดสอบไปใช้จริง เพื่อคำนวณหาคุณภาพของข้อสอบ และกำหนดคะแนนจุดตัด

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน โดยแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนน แยกพิจารณาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน ปรากฏในตารางที่ 21-22

ตารางที่ 21 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	**คะแนนเต็ม**	**($\overline{X}$)**	**ร้อยละ**	***SD***
ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	9	6.75	75.00	1.91
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	9	6.19	68.78	2.07
ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน	9	5.19	57.67	2.48
ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	9	2.99	33.22	3.04
แบบทดสอบทั้งฉบับ	36	21.12	58.67	8.44

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 40 คะแนน ซึ่งดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.53 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.91

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 คิดเป็นร้อยละ 68.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.07

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 คิดเป็นร้อยละ 57.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.48

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 คิดเป็นร้อยละ 33.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งฉบับมีจำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.12 คิดเป็นร้อยละ 58.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.44 เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด

ตารางที่ 22 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	**คะแนนเต็ม**	**($\overline{X}$)**	**ร้อยละ**	***SD***
ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	18	14.58	81.00	2.49
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	18	12.32	68.44	3.52
ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน	36	19.73	54.81	8.53
ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ	18	7.17	39.83	4.25
แบบทดสอบทั้งฉบับ	90	53.07	58.97	18.43

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน โดยนำคะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.58 คิดเป็นร้อยละ 81.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.32 คิดเป็นร้อยละ 68.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.52

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 36 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.73 คิดเป็นร้อยละ 54.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.53

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 คิดเป็นร้อยละ 39.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.25

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ทั้งฉบับมีจำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 53.07 คิดเป็นร้อยละ 58.97 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.43 เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด

3.2 ค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน นำมาหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกในแต่ละข้อ ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ปรากฏในตารางที่ 23-24

ตารางที่ 23 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป	ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป
1	0.78	0.26	เหมาะสม	19	0.63	0.41	เหมาะสม
2	0.70	0.39	เหมาะสม	20	0.34	0.64	เหมาะสม
3	0.59	0.47	เหมาะสม	21	0.65	0.58	เหมาะสม
4	0.25	0.41	เหมาะสม	22	0.59	0.45	เหมาะสม
5	0.76	0.33	เหมาะสม	23	0.54	0.36	เหมาะสม

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป	ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป
6	0.68	0.40	เหมาะสม	24	0.33	0.60	เหมาะสม
7	0.58	0.47	เหมาะสม	25	0.75	0.36	เหมาะสม
8	0.32	0.51	เหมาะสม	26	0.72	0.39	เหมาะสม
9	0.76	0.28	เหมาะสม	27	0.57	0.62	เหมาะสม
10	0.67	0.30	เหมาะสม	28	0.37	0.77	เหมาะสม
11	0.56	0.42	เหมาะสม	29	0.79	0.29	เหมาะสม
12	0.33	0.60	เหมาะสม	30	0.73	0.30	เหมาะสม
13	0.76	0.22	เหมาะสม	31	0.57	0.33	เหมาะสม
14	0.70	0.30	เหมาะสม	32	0.32	0.53	เหมาะสม
15	0.59	0.45	เหมาะสม	33	0.71	0.21	เหมาะสม
16	0.33	0.72	เหมาะสม	34	0.67	0.26	เหมาะสม
17	0.78	0.29	เหมาะสม	35	0.55	0.25	เหมาะสม
18	0.70	0.37	เหมาะสม	36	0.31	0.37	เหมาะสม
ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$					0.59		
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$					0.42		

จากตารางที่ 23 แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.25-0.79 ได้แก่ ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้ ($0.20 \leq p \leq 0.39$) จำนวน 9 ข้อ ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ ($0.40 \leq p \leq 0.60$) จำนวน 9 ข้อ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ ($0.61 \leq p \leq 0.80$) จำนวน 18 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.77 ได้แก่ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน ($0.20 \leq D \leq 0.49$) จำนวน 25 ข้อ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ($0.50 \leq D \leq 0.99$) จำนวน 11 ข้อ ข้อสอบทั้งฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.59 แสดงว่า ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.42 แสดงว่า บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน

ตารางที่ 24 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	สรุป
1	0.56	0.45	เหมาะสม
2	0.56	0.40	เหมาะสม
3	0.58	0.54	เหมาะสม
4	0.50	0.47	เหมาะสม
5	0.59	0.54	เหมาะสม
6	0.63	0.48	เหมาะสม
7	0.54	0.50	เหมาะสม
8	0.59	0.67	เหมาะสม
9	0.56	0.32	เหมาะสม
ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$		0.57	
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$		0.49	

จากตารางที่ 24 แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.50-0.63 ได้แก่ ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ ($0.40 \leq p \leq 0.60$) จำนวน 8 ข้อ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ ($0.61 \leq p \leq 0.80$) จำนวน 1 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.32-0.67 ได้แก่ ข้อสอบจำแนกได้ดี นำไปใช้ได้ ($0.30 \leq p \leq 0.39$) จำนวน 1 ข้อ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้ ($D \geq 0.40$) จำนวน 8 ข้อ ข้อสอบทั้งฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.57 แสดงว่า ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.49 แสดงว่า ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

3.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity)

ความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หาโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในปีการศึกษา 2560 โดยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในปีการศึกษา

2560 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน โดยหาความสัมพันธ์ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) ปรากฏในตารางที่ 25-26

ตารางที่ 25 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

คะแนน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (*n*)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	r_{xy}
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1	314	21.12	8.44	0.78**
คะแนนจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน	314	74.05	11.14	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 25 พบว่า ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.78 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีความเที่ยงตรงตามสภาพ

ตารางที่ 26 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

คะแนน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (*n*)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	r_{xy}
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2	314	53.81	17.61	0.82**
คะแนนจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน	314	74.05	11.14	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 26 พบว่า ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.82 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีความเที่ยงตรงตามสภาพ

3.4 ค่าความเชื่อมั่น(Reliability)

3.4.1 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ โดยแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีของ Livingston และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย คำนวณความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ กำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method ไปทดสอบเพื่อหาคุณภาพกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ปรากฏในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบ	**จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (n)**	**จำนวนข้อสอบ (k)**	**ค่าความเชื่อมั่น**
ฉบับที่ 1 (ปรนัย)	314	40	0.93
ฉบับที่ 2 (อัตนัย)	314	10	0.74

จากตารางที่ 27 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาโดยวิธีของ Livingston มีค่าเท่ากับ 0.93 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ มีค่าเท่ากับ 0.74

3.4.2 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters)

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งคำนวณจากการหาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ตรวจโดยกรรมการ 2 คน จำนวน 9 ข้อ ไปตรวจให้คะแนนจากกรรมการ 2 คน จำนวน 314 คน โดยหาความสัมพันธ์ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) ปรากฏในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

กรรมการ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	r_{12}
กรรมการคนที่ 1	314	55.00	18.39	0.99**
กรรมการคนที่ 2	314	52.61	16.95	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 28 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ที่ตรวจโดยกรรมการ 2 คน กรรมการคนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคะแนน 61.47 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 20.06 และกรรมการคนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของคะแนน 59.15 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 18.43 และมีค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ แสดงว่า เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ที่ทำให้ผู้ตรวจให้คะแนนได้สอดคล้องกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

3.4.3 ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ

ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ฉบับ หาโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบอัตนัย โดยนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน และหาความสัมพันธ์ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) ปรากฏในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย

แบบทดสอบ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (*n*)	ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	r_{12}
แบบทดสอบฉบับที่ 1	314	21.12	8.44	0.90**
แบบทดสอบฉบับที่ 2	314	53.81	17.61	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 29 พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย คือ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คะแนนเต็ม 36 คะแนน มีค่าเฉลี่ยของคะแนน 21.12 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.44 และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย คะแนนเต็ม 90 คะแนน มีค่าเฉลี่ยของคะแนน 53.81 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 17.61 และมีค่าความสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สามารถใช้แทนกันได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

ตอนที่ 3 ผลการหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. คะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน เพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้ โดยวิธีของ Angoff Method โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาข้อสอบทีละข้อ ผู้ที่มีความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกหรือระดับการผ่านขั้นต่ำในการตอบถูกแต่ละข้อ โดยให้ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาความน่าจะเป็นในการตอบถูก จำนวน 2 รอบ ดังแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวิธีของ Angoff Method

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
1	0.88	0.89	0.85	0.95	0.95	0.90	0.90
	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.90	0.91
2	0.85	0.75	0.75	0.86	0.70	0.85	0.79
	0.85	0.80	0.80	0.70	0.70	0.85	0.78
3	0.60	0.67	0.40	0.70	0.55	0.70	0.60
	0.60	0.70	0.40	0.60	0.60	0.70	0.60
4	0.50	0.40	0.30	0.60	0.45	0.50	0.46
	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.42
5	0.88	0.85	0.85	0.95	0.77	0.70	0.83
	0.90	0.90	0.90	0.95	0.80	0.80	0.88
6	0.77	0.80	0.75	0.75	0.60	0.50	0.70
	0.80	0.80	0.75	0.75	0.60	0.50	0.70
7	0.65	0.70	0.65	0.67	0.50	0.30	0.58
	0.65	0.70	0.65	0.70	0.50	0.50	0.62
8	0.55	0.52	0.40	0.44	0.20	0.15	0.38
	0.55	0.52	0.40	0.44	0.20	0.50	0.44
9	0.77	0.80	0.90	0.93	0.91	0.80	0.85
	0.80	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80	0.83
10	0.65	0.65	0.80	0.89	0.81	0.77	0.76
	0.65	0.65	0.80	0.80	0.81	0.80	0.75
11	0.30	0.50	0.70	0.54	0.62	0.73	0.57
	0.50	0.50	0.70	0.40	0.62	0.73	0.58
12	0.20	0.42	0.60	0.41	0.50	0.65	0.46
	0.20	0.42	0.60	0.20	0.50	0.60	0.42

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
13	0.90	0.95	0.90	0.85	0.95	0.80	0.89
	0.90	0.95	0.90	0.80	0.95	0.80	0.88
14	0.80	0.70	0.85	0.77	0.85	0.70	0.78
	0.80	0.70	0.85	0.70	0.85	0.70	0.77
15	0.65	0.65	0.60	0.61	0.70	0.65	0.64
	0.65	0.65	0.60	0.60	0.70	0.65	0.64
16	0.40	0.45	0.50	0.55	0.30	0.43	0.44
	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.48
17	0.88	0.85	0.80	0.98	0.80	0.80	0.85
	0.80	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81
18	0.78	0.75	0.60	0.79	0.66	0.65	0.71
	0.70	0.75	0.60	0.70	0.65	0.65	0.68
19	0.65	0.40	0.43	0.70	0.44	0.50	0.52
	0.65	0.40	0.40	0.70	0.40	0.50	0.51
20	0.45	0.20	0.24	0.50	0.21	0.10	0.28
	0.45	0.20	0.30	0.50	0.20	0.20	0.31
21	0.81	0.87	0.92	0.95	0.95	0.75	0.88
	0.80	0.90	0.92	0.80	0.95	0.80	0.86
22	0.76	0.78	0.87	0.77	0.72	0.50	0.73
	0.77	0.77	0.87	0.70	0.77	0.50	0.73
23	0.50	0.58	0.68	0.66	0.50	0.30	0.54
	0.50	0.58	0.68	0.60	0.50	0.50	0.56
24	0.15	0.40	0.50	0.40	0.25	0.20	0.32
	0.15	0.40	0.50	0.40	0.25	0.25	0.33
25	0.98	0.88	0.90	0.91	0.70	0.95	0.89
	0.98	0.90	0.90	0.80	0.70	0.95	0.87

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
26	0.85	0.65	0.77	0.85	0.64	0.80	0.76
	0.85	0.70	0.77	0.80	0.70	0.80	0.77
27	0.65	0.54	0.60	0.80	0.45	0.70	0.62
	0.65	0.60	0.60	0.80	0.60	0.70	0.66
28	0.20	0.50	0.25	0.50	0.35	0.60	0.40
	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.60	0.32
29	0.88	0.76	0.95	0.85	0.85	0.82	0.85
	0.88	0.85	0.95	0.80	0.85	0.85	0.86
30	0.68	0.63	0.87	0.75	0.70	0.70	0.72
	0.60	0.60	0.87	0.60	0.70	0.70	0.68
31	0.65	0.50	0.60	0.60	0.50	0.50	0.56
	0.60	0.50	0.60	0.50	0.50	0.50	0.53
32	0.48	0.34	0.40	0.30	0.40	0.20	0.35
	0.40	0.40	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40
33	0.99	0.95	0.95	0.90	0.99	0.80	0.93
	0.99	0.95	0.95	0.80	0.99	0.90	0.93
34	0.85	0.74	0.80	0.85	0.77	0.75	0.79
	0.85	0.80	0.80	0.70	0.80	0.75	0.78
35	0.65	0.65	0.75	0.70	0.70	0.50	0.66
	0.65	0.65	0.75	0.50	0.70	0.50	0.63
36	0.57	0.42	0.50	0.10	0.50	0.40	0.42
	0.60	0.50	0.50	0.10	0.50	0.60	0.47
ค่าเฉลี่ย	0.66	0.64	0.67	0.70	0.62	0.60	0.65
	0.66	0.65	0.68	0.62	0.63	0.65	0.65

จากตารางที่ 30 พบว่า คะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ($0.65 \times 36 = 25.98$) หรือทำได้ประมาณ 26 ข้อ จาก 36 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 72.17

2. จำนวนนักเรียนที่ผ่านคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method

จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน ตรวจให้คะแนนและกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Angoff Method ปรากฏในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากการใช้จริง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 314 คน

ฉบับที่	คะแนนเต็ม	คะแนนจุดตัด	จำนวนนักเรียนที่ผ่านจุดตัด	ร้อยละของการสอบผ่าน
1	36	25.98	130	41.40

จากตารางที่ 31 พบว่า คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เท่ากับ 25.98 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 25.98 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 130 คน คิดเป็นร้อยละ 41.40

3. คะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัยไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน เพื่อแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้ โดยวิธีของ Extended Angoff Method โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาข้อสอบทีละข้อ โดยประมาณคะแนนที่คาดหวังของผู้สอบคาบเส้น (Borderline candidates) ในการตอบถูกแต่ละข้อ โดยให้ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณา จำนวน 2 รอบ ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยวิธีของ Extended Angoff Method

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
1.1	2	2	1	2	1	2	1.67
	2	2	2	2	2	2	2.00
1.2	1	2	2	1	0	0	1.00
	1	2	2	1	1	1	1.33
1.3	3	4	3	2	3	4	3.17
	3	4	3	3	3	3	3.17
1.4	2	2	2	2	1	1	1.67
	2	2	2	2	2	2	2.00
1	8	10	8	7	5	7	7.50
	8	10	9	8	8	8	8.50
2.1	0	1	1	2	2	1	1.17
	0	0	1	1	2	2	1.00
2.2	0	0	1	1	0	1	0.50
	1	1	1	1	1	1	1.00
2.3	3	3	2	3	1	2	2.33
	4	4	3	3	3	2	3.17
2.4	0	0	0	1	1	1	0.50
	1	1	1	1	2	2	1.33
2	3	4	4	7	4	5	4.50
	6	6	6	6	8	7	6.50
3.1	2	2	1	2	2	2	1.83
	2	2	2	2	2	2	2.00
3.2	2	2	2	2	2	1	1.83
	2	2	2	2	2	2	2.00

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
3.3	3	4	3	2	3	4	3.17
	3	3	3	2	2	3	2.67
3.4	1	0	0	1	1	1	0.67
	1	1	1	1	1	0	0.83
3	8	8	6	7	8	8	7.50
	8	8	8	7	7	7	7.50
4.1	2	2	2	1	2	1	1.67
	2	1	1	1	1	1	1.17
4.2	2	2	2	1	1	2	1.67
	1	1	2	2	1	1	1.33
4.3	4	4	3	3	3	2	3.17
	4	4	4	3	3	3	3.50
4.4	1	1	0	0	0	1	0.50
	0	0	0	0	0	1	0.17
4	9	9	7	5	6	6	7.00
	7	6	7	6	5	6	6.17
5.1	1	1	2	1	1	2	1.33
	1	1	1	1	1	2	1.17
5.2	0	0	0	1	1	1	0.50
	1	1	1	1	1	1	1.00
5.3	2	3	2	3	3	2	2.50
	2	2	2	3	3	3	2.50
5.4	1	0	0	0	1	1	0.50
	0	0	0	0	0	1	0.17
5	4	4	4	5	6	6	4.83
	4	4	4	5	5	7	4.83

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
6.1	2	2	1	2	1	2	1.67
	2	2	2	1	1	1	1.50
6.2	2	1	2	1	1	1	1.33
	2	1	1	0	1	0	0.83
6.3	3	4	2	2	2	2	2.50
	3	3	2	1	1	1	1.83
6.4	1	0	0	0	1	1	0.50
	0	0	0	0	0	0	0.00
6	8	7	5	5	5	6	6.00
	7	6	5	2	3	2	4.17
7.1	1	1	1	0	1	1	0.83
	1	1	1	1	1	1	1.00
7.2	0	0	1	0	0	1	0.33
	1	1	2	1	1	2	1.33
7.3	3	2	2	1	1	1	1.67
	3	3	3	2	2	2	2.50
7.4	1	1	0	0	1	1	0.67
	1	1	1	1	1	1	1.00
7	5	4	4	1	3	4	3.50
	6	6	7	5	5	6	5.83
8.1	2	1	1	0	0	1	0.83
	2	2	2	1	1	2	1.67
8.2	0	0	1	1	0	1	0.50
	1	1	1	1	0	0	0.67
8.3	2	1	1	1	2	3	1.67
	3	2	2	3	3	4	2.83

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ข้อ	คนที่ 1	2	3	4	5	6	Mean
8.4	1	2	0	0	1	2	1.00
	1	1	0	0	0	1	0.50
8	5	4	3	2	3	7	4.00
	7	6	5	5	4	7	5.67
9.1	0	0	1	2	2	2	1.17
	1	1	2	2	2	2	1.67
9.2	2	1	2	1	1	1	1.33
	2	2	2	1	1	1	1.50
9.3	2	2	3	3	2	4	2.67
	3	3	3	3	3	3	3.00
9.4	1	1	1	1	2	2	1.33
	1	1	1	1	2	0	1.00
9	5	4	7	7	7	9	6.50
	7	7	8	7	6	6	7.17
Mean	6.11	6.00	5.33	5.11	5.22	6.44	5.70
	6.75	6.63	6.63	5.63	5.63	6.13	6.23

จากตารางที่ 32 พบว่า คะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 61.25 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ($6.23 \times 9 = 61.25$) คิดเป็นร้อยละ 68.06

4. จำนวนนักเรียนที่ผ่านคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method

จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน ตรวจให้คะแนนและกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธี Extended Angoff Method ปรากฏในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จากการใช้จริง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 314 คน

ฉบับที่	คะแนนเต็ม	คะแนนจุดตัด	จำนวนนักเรียนที่ผ่านจุดตัด	ร้อยละของการสอบผ่าน
2	90	61.25	136	43.31

จากตารางที่ 33 พบว่า คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย เท่ากับ 61 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 62.22 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 43.31

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) เพื่อหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ผู้ตัดสิน คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่มีคุณสมบัติดังนี้ มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปในสาขาทางคณิตศาสตร์และมีความเชี่ยวชาญในการสอน คือ สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 2 ปี ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ให้ได้กลุ่มตัวอย่างผู้ตัดสินจำนวน 6 คน 2) ผู้สอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัด โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) คือ การทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 1 สุ่มตัวอย่างโรงเรียนจำนวน 1 โรงเรียน คือ โรงเรียนเกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา สุ่มตัวอย่างห้องเรียนได้ห้องเรียน 1 ห้องเรียน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน การทดลองแบบทดสอบครั้งที่ 2 สุ่มตัวอย่างโรงเรียนที่แบ่งตามขนาดโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม มีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน สุ่มห้องเรียน ในแต่ละโรงเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้ห้องเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน รวมนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน นำแบบทดสอบไปใช้จริง สุ่มตัวอย่างโรงเรียนที่แบ่งตามขนาดโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม มีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน สุ่มห้องเรียน ในแต่ละโรงเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้ห้องเรียนทั้งหมด 8 ห้องเรียน รวมนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลระยะที่ 1 (ดำเนินการเก็บข้อมูลกับนักเรียน) เป็นการดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้สอบเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ครั้ง หาคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าความยาก (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Discrimination) ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ การเก็บข้อมูลระยะที่ 2 (ดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้ตัดสิน) หาคะแนนจุดตัด (Cut of scores) โดยใช้วิธี Angoff Method สำหรับแบบทดสอบปรนัยและวิธี Extended Angoff Method สำหรับแบบทดสอบอัตนัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแบ่งออกเป็น วิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำแบบทดสอบ วิเคราะห์ภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบว่ามีคำสั่ง และข้อคำถามชัดเจน เข้าใจตรงกันหรือไม่ วิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ใช้สูตร IOC

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

- ค่าความยาก โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาจากสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย หา จากสูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์

- ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาโดยดัชนีบี (Discrimination index B) และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย หาจากสูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์

- ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ

นักเรียน ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient)

- ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาโดยวิธีของ Livingston ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย การวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1978)

- ความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of Raters) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) ซึ่งตรวจให้คะแนนโดยกรรมการ 2 ท่าน

- ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ หาความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบอัตนัย ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient)

ตอนที่ 3 ผลการหาคะแนนจุดตัด (Cut of Scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ โดยใช้วิธี Angoff Method และดำเนินการกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ โดยใช้วิธี Extended Angoff Method

สรุปผลการวิจัย

การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี สามารถสรุปผลวิจัยได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบจำนวน 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) จากขั้นตอนการแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้

เขียนคำสั่งย่อยให้สอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้คำสั่งย่อย 4 ข้อ คือ 1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ 1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ 2) การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือการเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์ 3) แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ 4) แสดงวิธีการตรวจคำตอบโดยวิเคราะห์ตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นเกณฑ์ในการสร้าง แบบทดสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับตัวชี้วัดตามหลักสูตรทั้ง 7 ตัวชี้วัด และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ในแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ข้อ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เพื่อประเมินความสามารถการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1 จากการนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มทดลอง จำนวน 10 คน นักเรียนมีความเข้าใจในข้อคำถามแต่ละข้อและคำชี้แจงได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยนักเรียนใช้เวลาทำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 90 นาที และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ 90 นาที

2. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 จากการนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มทดลอง จำนวน 150 คน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.23-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.18-0.71 มีข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ทั้งค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) จำนวน 36 ข้อ ค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.60 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.47 นั่นคือ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.60-0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.47-0.64 ข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ทั้งค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) จำนวน 9 ข้อ มีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.62 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.58 นั่นคือ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

3. การนำแบบทดสอบไปใช้จริง จากการนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ดังนี้

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 36 คะแนน ซึ่งดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.53 คิดเป็นร้อยละ 75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.91

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 คิดเป็นร้อยละ 68.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.91

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 คิดเป็นร้อยละ 57.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.48

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 คิดเป็นร้อยละ 33.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งฉบับมีจำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.12 คิดเป็นร้อยละ 58.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.44 เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน โดยนำคะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 314 คน เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.58 คิดเป็นร้อย 81.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.32 คิดเป็นร้อยละ 68.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.52

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 36 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.73 คิดเป็นร้อยละ 54.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.53

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 คิดเป็นร้อยละ 39.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.25

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยทั้งฉบับมีจำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 53.07 คิดเป็นร้อยละ 58.97 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.43 เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด

3.2 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.25-0.79 ได้แก่ ข้อสอบค่อนข้างยาก นำไปใช้ได้ ($0.20 \leq p \leq 0.39$) จำนวน 9 ข้อ ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ ($0.40 \leq p \leq 0.60$) จำนวน 9 ข้อ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ ($0.61 \leq p \leq 0.80$) จำนวน 18 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.77 ได้แก่ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน ($0.20 \leq D \leq 0.49$) จำนวน 25 ข้อ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ($0.50 \leq D \leq 0.99$) จำนวน 11 ข้อ ข้อสอบทั้งฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.59 แสดงว่า ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.42 แสดงว่า บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.50-0.63 ได้แก่ ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ ($0.40 \leq p \leq 0.60$) จำนวน 8 ข้อ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ ($0.61 \leq p \leq 0.80$) จำนวน 1 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.32-0.67 ได้แก่ ข้อสอบจำแนกได้ดี นำไปใช้ได้ ($0.30 \leq p \leq 0.39$) จำนวน 1 ข้อ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้ ($D \geq 0.40$) จำนวน 8 ข้อ ข้อสอบทั้งฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.57 แสดงว่า ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.49 แสดงว่า ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

3.3 ค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.3.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.5 จำนวน 36 ข้อ แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและพิจารณาตัดสินแล้วว่าข้อสอบทั้งหมดนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง

ไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 8 ข้อ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.50 จำนวน 9 ข้อ แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและพิจารณาตัดสินแล้วว่าข้อสอบทั้งหมดนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 2 ข้อ

3.3.2 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.78 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีความเที่ยงตรงตามสภาพ และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.82 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีความเที่ยงตรงตามสภาพ

3.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.4.1 ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาโดยวิธีของ Livingston มีค่าเท่ากับ 0.93 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ มีค่าเท่ากับ 0.74

3.4.2 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson’s product moment correlation coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ แสดงว่า เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ทำให้ผู้ตรวจให้คะแนนได้สอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.4.3 ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ มีค่าความสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .90 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สามารถใช้แทนกันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตอนที่ 3 ผลการหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ด้วยวิธี Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน หรือทำได้ประมาณ 26 ข้อ จาก 36 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 41.40 จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ 36 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 25.98 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 130 คน คิดเป็นร้อยละ 41.40

2. คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ด้วยวิธี Extended Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 61.25 จากคะแนนเต็ม 90 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.25 จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 314 คน ทำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ 90 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 61.25 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 43.31

อภิปรายผล

การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี สร้างโดยใช้เนื้อหาในสาระมาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย สาระหลัก 4 สาระ คือ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยมาอภิปราย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบจำนวน 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ในแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ข้อ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา สอดคล้องกับ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 150) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบอัตนัยมีความหลากหลายในระดับคุณภาพเหมาะสำหรับใช้วัดกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และสอดคล้องกับล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 87) ที่กล่าวว่า แบบทดสอบอัตนัยสามารถใช้วัดความสามารถทางสมองของมนุษย์ได้ทุกระดับ โดยเฉพาะความสามารถทางสมองในระดับสูง และวัดในระดับการนำ ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ โดยเฉลี่ยนักเรียนใช้เวลาทำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ดังนี้ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 90 นาที และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 90 นาที จากการทดลองใช้พบว่าเวลาแบบทดสอบมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา คำชี้แจง และเวลาในการทำแบบทดสอบ

2. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากในขั้นทำความเข้าใจปัญหาเป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา และระบุส่วนสำคัญของปัญหา ซึ่งได้แก่ ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูลและเงื่อนไข ซึ่งในการทำความเข้าใจปัญหานักเรียนได้พิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่าง

ถี่ถ้วน ซึ่งขั้นนี้นักเรียนใช้ความสามารถทางสมองเพียงขั้นทำความเข้าใจปัญหาเท่านั้น แต่ในขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบ นักเรียนต้องค้นหาความเชื่อมโยง หรือความสัมพันธ์มาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา อีกทั้งนักเรียนต้องมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งในทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ต้องใช้ความสามารถทางสมองในระดับสูง คือ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า จึงทำให้นักเรียนทำคะแนนได้น้อยลง ดังนั้นกระบวนการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันต้องฝึกให้นักเรียนคุ้นเคยกับปัญหาและรู้จักคิด การพิสูจน์และหาข้อสรุปด้วยตนเอง ซึ่งชาร์ลส์ และคณะ (Charles et al., 1987, pp. 7-13) กล่าวว่า ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา การเลือกใช้กระบวนการในการแก้ปัญหา และการค้นหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับพิไลลักษณ์ บัวทอง (2554, หน้า 104) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้มากที่สุด ตามด้วยขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด สอดคล้องกับวราภรณ์ มีหนัก (2545, หน้า 25) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้จักคิดและให้เหตุผลเป็นสิ่งสำคัญ สอดคล้องกับโพลยา (Polya, 1957, pp. 6-22) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาความเน้นทักษะกระบวนการคิดของนักเรียน และจากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ จะพบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในขั้นตรวจสอบคำตอบ ได้คะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 นั่นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่สามารถตรวจคำตอบหรือมองย้อนกลับซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนพบข้อบกพร่องที่อาจมีอยู่เพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นแล้วยังช่วยให้ผู้แก้ปัญหาเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาทั้งกระบวนการให้ดีขึ้นและอาจเป็นผลมาจากขั้นดำเนินการตามแผน ถ้านักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีทำแก้ปัญหาได้สำเร็จตามแผนที่วางไว้ ต้องหาสาเหตุและใช้ประโยชน์จากความผิดพลาดครั้งแรกในการแก้ปัญหาครั้งใหม่ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จ โดยผู้แก้ปัญหาต้องไม่กลัวการเริ่มต้นใหม่ และเริ่มแก้ปัญหาโดยคำนวณตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 จะเห็นได้ว่า 4 ขั้นตอนต้องดำเนินต่อเนื่องกันเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียน ที่ถือว่าเป็นสาระสำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ ดังที่เลสเตอร์ (Lester, 1977, p. 12) ได้สรุปว่าการแก้ปัญหานั้นเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตร ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จึงต้องคำนึงถึงการส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับ โชเอนเฟล (Schoenfeld, 1985, p. 45) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นผู้สอนควรจะมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เนื่องจาก

การแก้ปัญหามีความจำเป็นมากที่สุดสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์และการที่หลักสูตรให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยสอดคล้องอยู่ในทุกสาระนั้นเป็นเพราะความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น ถ้านักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาจะส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วย

3. ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก จากการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 150 คน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.23-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.18-0.71 มีข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ทั้งค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) จำนวน 36 ข้อ มีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.60 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.47 นั่นคือ บ่งชี้รอบรู้/ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นบางส่วน และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.60-0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.47-0.64 มีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.62 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.58 นั่นคือ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้ แสดงว่าแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ยังมีบางข้อที่ไม่เข้าเกณฑ์ และไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้ การที่ค่าอำนาจจำแนกมีค่าน้อยนั้น พิสิษฐ์ ตัณฑวณิช (2529, หน้า 2) กล่าวว่า การพัฒนาแบบทดสอบอิงเกณฑ์นั้น ถ้าค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจ การพิจารณาปรับปรุงไม่แน่เสมอไปว่าจะต้องปรับที่ตัวข้อสอบ แต่ต้องใช้วิธีพิจารณาให้ครอบคลุมด้วยว่า ข้อสอบข้อนั้นยากหรือง่ายโดยธรรมชาติของวิชา ซึ่งสาเหตุดังกล่าวเพราะแบบทดสอบมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น นักเรียนไม่ชินกับการทำแบบทดสอบแบบเขียนตอบ ความยากของเนื้อหาที่นำไปสร้างสถานการณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบมาปรับปรุงใหม่ โดยพิจารณาข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกที่ไม่เข้าเกณฑ์มาปรับปรุงในด้านของภาษา ความซับซ้อนของโจทย์ สำหรับการนำแบบทดสอบไปใช้จริง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ เป็นดังนี้ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.25-0.79 เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.77 และค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.57 แสดงว่าข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.42 แสดงว่า บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้

ได้ถูกต้องบางส่วน และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.50-0.63 เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.32-0.67 ข้อ และมีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.57 แสดงว่า ข้อสอบปานกลาง นำไปใช้ได้ และข้อสอบทั้งฉบับมีค่าค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.49 แสดงว่า ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละข้อได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วผู้วิจัยนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผ่านการทดลองใช้แล้ว สอดคล้องกับวัฒนา สุนทรธัย (2547, หน้า 93-94) กล่าวว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการกำหนดความยากของแบบทดสอบและค่าอำนาจจำแนกรายข้ออยู่ในเกณฑ์ 0.20 ขึ้นไป สอดคล้องกับที่ จอห์นสัน (Johnson, 1951 อ้างอิงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 223) กล่าวไว้ว่า อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ (-1) – (+1) แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าเป็นบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป สอดคล้องกับนัฐพร ตื้อจันตา (2552, หน้า 125-127) ที่สร้างแบบวัดทักษะทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยทักษะการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยความยากของแบบวัดเท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และยังสอดคล้องกับพรรษา นุ่มศรี (2553, หน้า 69-70) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดยะลา ซึ่งค่าความยากง่าย มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.97 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของวาสนา ไกรแก้ว (2556, หน้า 91) ได้สร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.47-0.66 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.42 ข้อสอบส่วนใหญ่มีความยาก และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

4. ค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

4.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.5 จำนวน 36 ข้อ แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและพิจารณาตัดสินแล้วว่าข้อสอบทั้งหมดนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 8 ข้อ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.50 จำนวน 9 ข้อ แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและพิจารณาตัดสินแล้วว่าข้อสอบทั้งหมดนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

การเรียนรู้และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 2 ข้อ ดังที่ สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 218-222) ที่กล่าวว่า ให้พิจารณาคัดเลือกจุดประสงค์หรือข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50-1.00 ซึ่งแสดงว่าจุดประสงค์นั้นวัดได้ครอบคลุมกับเนื้อหา สอดคล้องกับสุไรยา หมัดหมัน (2549, หน้า 117-118) ได้พัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.60 จนถึง 1.00 และยังสอดคล้องกับกิตติพล ดวงแก้ว (2556, หน้า 71) ได้สร้างแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป

4.2 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.78 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ทดสอบโดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.82 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ แสดงว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางด้านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูง สามารถทำคะแนนแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับได้สูงและนักเรียนที่มีความสามารถทางด้านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต่ำ สามารถทำคะแนนแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรรณภา แก้วคง (2548, หน้า 78-79) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรอิสระกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าตัวแปรความรู้พื้นฐานความสามารถด้านเหตุผล มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานมากจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานน้อยกว่าและนักเรียนที่มีความสามารถด้านเหตุผลสูงกว่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถด้านเหตุผลน้อยกว่า และยังสอดคล้องกับพรรษา นุ่มศรี (2553, หน้า 92) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนจากการประเมินของอาจารย์ประจำวิชาคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.90 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาสูงสามารถทำคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาฉบับนี้ได้สูงและนักเรียนที่มี

ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาต่ำ สามารถทำคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาได้น้อย

5. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5.1 ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หาโดยวิธีของ Livingston มีค่าเท่ากับ 0.93 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นที่สูง พิจารณาจากเกณฑ์ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2553, หน้า 313-314) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถ้าสูงกว่า 0.90 ถือว่าอยู่ในระดับสูงมาก สอดคล้องกับไพโรจน์ ใจดี (2546, หน้า 89) ได้พัฒนาแบบทดสอบอิงเกณฑ์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 แบบทดสอบฉบับที่ 1 มีค่า 0.92 และแบบทดสอบฉบับที่ 2 มีค่า 0.89 จะเห็นว่าแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นได้อยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับกัญวลัญช์ จิตรดี (2559, หน้า 146) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตัวประกอบของจำนวนนับ สำหรับนักเรียนชั้นประถามศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครนายก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 5 ฉบับ ด้วยสูตรของ Livingston ใช้คะแนนจุดตัด 12 คะแนน มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.96-0.97 โดยแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 5 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ มีค่าเท่ากับ 0.74 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นที่สูง ทั้งนี้เป็นเพราะแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความเป็นปรนัย แต่สามารถวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ข้อคำถามมีความชัดเจน ไม่กำกวม สอดคล้องกับบุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545, หน้า 312-317) ที่กล่าวว่า ค่าความเชื่อมั่นขึ้นอยู่กับความเป็นปรนัยของข้อสอบซึ่งความเป็นปรนัยจะช่วยขจัดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคะแนนของผู้สอบได้เป็นอย่างมากจึงทำให้ข้อสอบมีความเชื่อมั่นสูง และสอดคล้องกับอำพร จุลพล (2550, หน้า 91-110) ได้สร้างแบบทดสอบอัตนัยที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.99 และยังสอดคล้องกับพิไลลักษณ์ บัวทอง (2554, หน้า 105) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.95 ซึ่งเป็นความเชื่อมั่นที่สูง

5.2 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน (Reliability of raters) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.987 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นที่สูงมาก ดังที่ ไพศาล วรคำ (2552, หน้า 83) กล่าวว่า ดัชนี

ความสอดคล้องกันของผู้ประเมิน จะมีพิสัยตั้งแต่ 0-1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างมาก สอดคล้องกับพรชัย จันทะคุณ (2546, หน้า 69-70) ได้แสดงค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบเท่ากับ 0.99 แสดงว่าการให้คะแนนของผู้ตรวจ 3 คน มีความสอดคล้องกันสูงเพราะควบคุมผลที่เกิดจากการที่ผู้ตรวจรู้จักกับผู้ตอบแบบทดสอบเป็นอย่างดีและทราบถึงคุณลักษณะอื่นของผู้สอบที่นอกเหนือจากการวัดผล ผลจากการสอบในแบบทดสอบอื่น ๆ และองค์ประกอบแทรกซ้อน ซึ่งจะส่งผลให้ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสูง

5.3 ค่าความสัมพันธ์ของคะแนนสอบในแบบทดสอบ 2 ฉบับ มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 กับแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 สามารถใช้แทนกันได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดปัญหาสถานการณ์ของแบบทดสอบปรนัย และแบบทดสอบอัตนัยเหมือนกัน มีค่าความยากกับค่าอำนาจจำแนกไม่แตกต่างกัน การกำหนดตัวเลือกของแบบทดสอบปรนัยได้มาจากการนำผลการตอบของนักเรียนในการทดลองสอบของแบบทดสอบอัตนัยมาสร้างตัวเลือกของแบบทดสอบปรนัย และจากการสัมภาษณ์ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า

ครูคนที่ 1 “แบบทดสอบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งแบบทดสอบปรนัยสามารถวัดเนื้อหาวิชาที่แตกต่างกัน วัดความจำและทักษะที่ยาก ๆ ได้ดี และแบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่ใช้ประเมินทักษะการให้เหตุผลขั้นสูง ใช้วัดทักษะการเขียน การจัดกระทำ และทักษะการสื่อความหมาย ข้อสอบแบบนี้ง่ายที่จะออก แต่แบบทดสอบที่สามารถวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีคือแบบทดสอบปรนัย ร่วมกับแบบทดสอบอัตนัย”

ครูคนที่ 2 “แบบทดสอบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดความรู้ ความจำ ความเข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่าได้ สามารถวัดความรู้นักเรียนได้อย่างง่าย ส่วนแบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นการเสนอกรณีศึกษาตามลำดับเหตุการณ์แล้วแทรกคำถามเป็นระยะ ๆ นักเรียนต้องใช้ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อคิดหาคำตอบเองอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานของการปฏิบัติจริง แบบทดสอบที่สามารถวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้คือ แบบทดสอบปรนัย ร่วมกับแบบทดสอบอัตนัย”

ครูคนที่ 3 “แบบทดสอบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่มีการจัดเตรียมคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือก แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำถามที่มีจำนวนข้อไม่มากนัก นักเรียนต้องคิดหาคำตอบโดยบูรณาการความรู้และความคิดแล้วแสดงออกเป็นภาษาเขียนอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล แบบทดสอบที่สามารถวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้คือ แบบทดสอบอัตนัย”

จากการสัมภาษณ์ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ครูส่วนใหญ่มักจะใช้แบบทดสอบอัตนัยในการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะแบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นการเสนอกรณีศึกษาตามลำดับเหตุการณ์แล้วแทรกคำถามเป็นระยะ ๆ นักเรียนต้องหาคำตอบเองโดยบูรณาการความรู้และความคิดแล้วแสดงออกเป็นภาษาเขียนอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลตามหลักวิชาของศาสตร์นั้น ซึ่งแบบทดสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือที่วัดสมรรถภาพทางสมองขั้นสูง วัดทักษะกระบวนการและวัดทัศนคติได้อย่างแท้จริง

ตอนที่ 3 ผลการหาคะแนนจุดตัด (Cut scores) ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ด้วยวิธี Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.17 นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 25.98 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 130 คน คิดเป็นร้อยละ 41.40 และคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ด้วยวิธี Extended Angoff Method ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน คือ 61.25 จากคะแนนเต็ม 90 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.06 นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 61.25 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้ มีจำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 43.31 ซึ่งสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2554, หน้า 10-12) ได้กำหนดจุดตัดที่เหมาะสมกับการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) 2 วิธี คือ The Yes/ No Method สำหรับข้อสอบปรนัย และ The Extended Angoff Method สำหรับข้อสอบอัตนัย ซึ่งได้รับความร่วมมือจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ส่งผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลด้านเนื้อหาวิชาละ 1 คน และคัดเลือกตัวแทนครูที่ออกข้อสอบวิชาละ 5 คน มาร่วมกันกำหนดจุดตัดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำผลที่ได้จากการประชุมกำหนดคะแนนจุดตัดคะแนนผ่านขั้นต่ำมาพิจารณาร่วมกับความยาก-ง่ายของข้อสอบ แล้วจึงกำหนดจุดตัดคะแนนการผ่านผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 เป็นปีแรก ดังนี้ คะแนนจุดตัดวิชาภาษาไทย สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี ดังนี้ 40, 30, 25, 25, 25, 45, 30, 45 ตามลำดับ จำนวนนักเรียนผ่านคะแนนจุดตัดคิดเป็นร้อยละ 57.95, 66.26, 22.52, 31.20, 60.17, 87.64, 42.37, 66.55 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธี Angoff Method สำหรับแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธี Extended Angoff Method สำหรับแบบทดสอบ

อัตนัย มีคะแนนจุดตัดมากกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2554, หน้า 1) กล่าวว่า คะแนนจุดตัดหรือเกณฑ์การผ่านขั้นต่ำในการสอบระดับชาตินี้ ไม่สามารถอิงตามกลุ่มหรือคะแนนที่เห็นได้ จะต้องอิงตามเกณฑ์ซึ่งต้องพิจารณาจากหลาย ๆ ปัจจัย ไม่ใช่ดูเฉพาะที่ตัวเลขคะแนนจุดตัดการผ่านจะต้องอยู่ที่ 50 จากคะแนนเต็ม 100 เสมอไป โดยที่คะแนนจุดตัดเป็นตัวตัดสินความรอบรู้และไม่รอบรู้ของผู้สอบ คือถ้าผู้สอบทำแบบทดสอบได้คะแนนตั้งแต่คะแนนจุดตัดเป็นต้นไปถือว่ามีความรอบรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอบ แต่ถ้าผู้สอบทำแบบทดสอบได้คะแนนน้อยกว่าคะแนนจุดตัดถือว่าไม่รอบรู้ ซึ่ง คามิลลี่และแชปเพิร์ด (Camilli & Shepard, 1994) พบว่า ผู้ตัดสินจะประมาณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้เรียนสูงกว่าคะแนนความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้เรียนที่แท้จริงสำหรับข้อสอบที่ยาก และประมาณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้เรียนได้ต่ำกว่าคะแนนความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้เรียนที่แท้จริงสำหรับข้อสอบที่ง่าย จากการสัมภาษณ์ผู้ตัดสินที่พิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ เห็นว่าแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ เป็นข้อสอบที่มีลักษณะค่อนข้างง่ายซึ่งคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับดังกล่าวจะช่วยตัดสินว่านักเรียนที่สอบว่าเป็นผู้รอบรู้ ไม่รอบรู้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้ เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และนำผลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงส่งเสริมในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป ส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1.2 การนำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้กับกลุ่มนักเรียนอื่น ที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยศึกษา อาจใช้คะแนนจุดตัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แต่ถ้านักเรียนที่มีสภาพต่างกันก็ควรหาคะแนนจุดตัดใหม่

1.3 แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้ประเมินกระบวนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านการดำเนินชีวิตของนักเรียนต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับกลุ่มอื่น ๆ เช่น ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือระดับอุดมศึกษา

2.2 ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.3 ควรมีการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มสาระอื่น ๆ และในแต่ละชั้น เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินครบทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ในการนำไปพัฒนาศักยภาพของนักเรียน

2.4 ควรมีการสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นทั้งแบบทดสอบปรนัยและแบบทดสอบอัตนัยในฉบับเดียวกันและกำหนดคะแนนจุดตัดที่เป็นเกณฑ์ระบุนักเรียนเป็นกลุ่มรอบรู้และไม่รอบรู้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2537). *การประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษา.

กรมวิชาการ. (2542). *กระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์การเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.

กรมวิชาการ. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กรมวิชาการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2545*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551 ก). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551 ข). *กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กองสิน อ่อนวาด. (2550). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

กัญวลัญช์ จิตรดี. (2559). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องตัวประกอบของจำนวนนับสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครนายก*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กิตติพล ดวงแก้ว. (2556). *การสร้างแบบวัดทักษะการคิดคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดนครสวรรค์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

เกียรติสุดา ศรีสุข. (2545). *เอกสารประกอบการเรียนการสอนกระบวนวิชา 055726*. เชียงใหม่: ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คำเพียร จันทร์แสน. (2553). *ได้สร้างแบบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบ SSCS และการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จันทร์จิรา อังกสิทธิ์. (2552). *การสร้างแบบวัดทักษะการคิดสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 1*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและการประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จันทรา ศิลปรายะ. (2551). *การปฏิบัติการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชุมชนบ้านไร่สีสุก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอำนาจเจริญ*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2553). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์โปรเกรสซิฟ.

ณัฐพร โพธิ์เอี่ยม. (2550). *การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องโจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบกลุ่มช่วยเหลือรายบุคคล (TAI) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ดวงพร ตั้งอุดมเจริญชัย. (2551). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.

ดำรง ศิริเจริญ. (2529). *การวัดผลแบบอิงเกณฑ์*. พิษณุโลก: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.

นัฐพร ตื้อจันตา. (2552). *การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิรัชรา ชัยชนะอุดมกูล. (2556). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2551). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). *การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดและวิธีการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2542). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เจริญดีการพิมพ์.

ปราณี ค่อมบุญ. (2558). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน สานักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). *กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พรชัย จันทะคุณ. (2546). *การสร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรพิมล สร้อยสนธิ์. (2549). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

พรรณพร นามโนรินทร์. (2554). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรรณภา แก้วคง. (2548). *รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดยะลา*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พรรษา นุ่มศรี. (2553). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดยะลา*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและประเมิน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพ: สำนักทดสอบทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

พิไลลักษณ์ บัวทอง. (2554). *การสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พิศิษฐ์ ตัณฑวณิช. (2529). *หลักการพัฒนาแบบทดสอบอิงเกณฑ์*. สุรินทร์: ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสุรินทร์.

ไพโรจน์ ใจดี. (2546). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องตัวประกอบของจำนวนนับ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครนายก*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ไพศาล วรคำ. (2552). *การวิจัยทางการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

มัสยา ธิติธนานันท์. (2552). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา จิตวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองยางพิทยาคม*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ยุพิน พิพิธกุล. (2545). จะสอนคณิตศาสตร์อย่างไร. *การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, 36*(116), 15-22.

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รำพึง นิรารมย์. (2546). การพัฒนากิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเพชรพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 31*(4), 50-57.

ฤตินันท์ สมุทร์ทัย. (2545). *การวัดและประเมินผลการศึกษาเบื้องต้น*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วัฒนา สุนทรธัย. (2547). *เรียนสถิติด้วย SPSS ภาคการวิเคราะห์เครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อสอบ*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

วรางคณา ทองนพคุณ. (2558). *เอกสารประกอบ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความท้าทายในอนาคต*. ภูเก็ต: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.

วราภรณ์ มีหนัก. (2545). การจัดการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิชาการ, 5*(9), 58-65.

วาสนา ไกรแก้ว. (2556). *การสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ตถาตา พับลิเคชั่น.

วิชญารัตน์ บัวกิ่ง. (2549). *การสร้างแบบทดสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและระบบสมการเชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขต พื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสถิติและการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ไปสู่ชีวิตจริงโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ชลบุรี: ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2554). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ช่วงชั้นที่ 2 (ป.6) และช่วงชั้นที่ 3 (ม.3) สำหรับศูนย์สอบและสนามสอบ*. ม.ป.ท.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). *รูปแบบข้อสอบ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ข้อสอบ O-NET ป.6 ม.3 ม.6 ปีการศึกษา 2556*. เข้าถึงได้จาก www.niets.or.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: องค์กรรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์กรรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: องค์กรรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . (2554). *NIETS New.* ม.ป.ท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . (2555 ก). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555 ข). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้ อะไรและทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

สมเดช บุญประจักษ์. (2540). *การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ*. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมเดช บุญประจักษ์. (2550). *หลักการคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมศักดิ์ โสภณพินิจ. (2543). ยุทธวิธีการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ (กับการสอน). *วารสารคณิตศาสตร์, 44*, 41-49.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18. (2558). *วิเคราะห์เปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยโอเน็ต*. ชลบุรี: เอ็มไซน์โฆษณา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *นานาทัศนะในการวิจัยประเมินผลดุลยภาพคนไทย: ดี เก่ง และมีความสุข*. กรุงเทพฯ: สกศ.

สิริพร ทิพย์คง. (2537). *แนวโน้มการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สุรวาท ทองบุ, สุรศักดิ์ อมรรัตน์ศักดิ์, บุญชม ศรีสะอาด และเสนอ ภิรมจิตรผ่อง. (2554). รูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 8*(2), 83-104.

สุรศักดิ์ อมรรัตน์ศักดิ์. (2553). *หลักการวัดและการประเมินผล*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุรีพร อนุศาสนนันท์. (2550). *การเปรียบเทียบคุณภาพของการกำหนดมาตรฐานระหว่างวิธีแองกอฟ ที่ได้รับการปรับปรุงกับวิธีบุ๊คมาร์ค*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลทางการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรีพร อนุศาสนนันท์. (2554). การพัฒนาแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชากาวัดและประเมินผลในชั้นเรียนโดยการกำหนดมาตรฐานด้วยวิธีบุ๊คมาร์ค. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 23*(1), 175-188.

สุไรยา หมัดหมัน. (2549). *การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา,

อนันต์ ศรีโสภา. (2541). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อนุวัติ คูณแก้ว. (2549). *การวิจัยในชั้นเรียน*. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

อรชร ภูบุญเติม. (2550). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์สมการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการใช้ตัวแทน*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

อัจฉรา บุญจริง. (2544). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ polya*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัมพร ม้าคนอง. (2546). *คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำพร จุลพล. (2550). *การสร้างแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ในการวินิจฉัย การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุทัยวรรณ ธะนะคำมา. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ เทคนิค STAD เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Baroody, A. J. (1993). *Problem solving, reasoning and communicating K-8: Helping children think mathematically*. New York: Merrill.

Berk, R. A. (1980). *Criterion-referenced testing: State of the art*. Baltimore: John HopKins University Press.

Berk, R. A. (1996). Standard setting: The next generation (Where few psychometricians have gone before!). *Applied Measurement in Education, 9*, 215-235.

Bitter, G. G., Hatfield, M. M., & Edwards, N. T. (1989). *Mathematics methods for the elementary and middle school; A comprehensive approach*. Boston: Allyn and Bacon.

Buckendahl, C. W., Smith, R. W., Impara, J. C., & Plak, B. S. (2002). A comparison of Angoff And bookmark standard setting method. *Journal of Educational Measurement, 39*, 253-263.

Busch, J. C., & Jaeger, R. M. (1990). Influence of type of judge, normative information, and discussion on standard recommended the National Teacher Examinations. *Journal of Educational Measurement, 27*, 145-163.

Camilli, G., & Shepard, L. A. (1994). Methods for identifying biased test items. London: Sage Publications.

Carver, R. P. (1970). Special problem in measurement change with psychometric devices. *Evaluation Research Strategies and Methods, 10*, 250-258.

Charles, R., & Lester, F. (1982). *Teaching problem solving: What Why and How*. Palo Alto, CA: Seymour.

Charles, R. F. K., Lester, Jr., & O'Daffer, P. (1987). *How to evaluate progress in problem solving*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

Cizek, G. J. (1999). *Cheating on tests: How to do it, detect it, and prevent it*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Cizek, G. J., Bunch, M. B., & Koons, H. (2007). *Standard setting: A guide to establishing and evaluating performance standards on tests*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement, 20,* 37-46.

Conway, M. A. (1997). *Recovered memories and false memories*. Oxford: Oxford University Press.

Crooks, T. J., Kane, M. T., & Cohen, A. S. (1996). Threats to the valid use of assessments. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 3*(3), 265-286.

Ebel, R. (1965). *Measuring educational achievement*. New Jersey: Prentice-Hall.

Egan, K. (2002). *Bookmark standard setting overview*. Retrieved from http://www.dpi.state.wi.us/oea/ctbbkmrk03.html

Gagne, R. M. (1970). *The condition of learning*. New York: Holt, Rinchart and Winston.

Glass, G. V. (1978). *Standards and criteria*. Journal of Educational Measurement.

Gronlund, N. E., & Linn, L. R. (1990). *Measurement and evaluation in teaching*. Michigan: Macmillan Publishing Company.

Hambleton, R. K. (1978). Criterion-referenced testing and measurement: A review of technical issues and developments. *Review of Educational Research, 48*, 1-47.

Hambleton, R. (1998, January-March). Strengthening political leadership. *Public Money and Management*, 1-11.

Hambleton, R. K., & Plake, B. S. (1995). Using an extended Angoff procedure to set standards on complex performance assessments. *Applied Measurement in Education*, *8*, 41-56.

Hambleton, R. K., & Novick, M. R. (1973, Fall). Toward an integration of theory and method for criterion-referenced tests. *Journal of Educational Measurement, 10*, 159-170.

Hess, B., Subhiyah, R. G., & Giordano, C. (2007). Convergence between cluster analysis and the Angoff method for setting minimum passing scores on credentialing examinations. *Evaluation and the Health Professions, 30*, 362-375.

Hoy, W. K., & Miskel, C. G. (1941). *Education administration: Theory, research and practice*. New York: Random House.

Impara, J. C., & Plake, B. S. (1997). Standards setting: An alternative approach. *Journal of Educational Measurement, 34*, 353-366.

Kane, M. (1994). Validating the performance standards associated with passing scores. *Review of Educational Research, 64*, 425-461.

Kennedy, L. M., & Tipps, S. (1994). *Guiding children's learning of mathematics*. Belmont, Ca: Wadsworth.

Krulik, S., & Reys, E. R. (1980). *Problem solving in school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1996). *Teaching reasoning and problem solving in junior and senior high school*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Le Blanc, F. (1977). You can teach problem solving. *The Arithmetic Teacher, 25*, 16-20.

Lee, G., & Lewis, D. M. (2008). A generalizability theory approach to standard error estimates for bookmark standard settings. *Educational and Psychological Measurement, 68*(4), 603-620.

Lester, F. K. (1977). Ideas about problem solving: A look at some psychological research. *Arithmetic Teacher, 25*, 12-15.

Livingston, S. A. (1972). A criterion-referenced application of classical test theory. *Journal of Educational Measurement, 9*, 13-26.

Lovett, H. T. (1978). The effect of violating the assumption of equal item mean in estimating the Livingston coefficient. *Educational and Psychological Measurement, 38*(2), 239-251.

Mitzel, H. C., Lewis, D. M., Patz, R. J., Green, D. R. (2001). The bookmark procedure: Psychological perspectives. In G.J. Cizek (Ed.), *Setting performance standards: Concept, methods, and perspectives* (pp. 249-281). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Nasstrom, G., & Nystrom, P. (2008). A comparison of two different methods for setting performance standards for a test with constructed-response items. *Practical Assessment, Research & Evaluation, 13*(9).

National Council of Supervisors of Mathematics (NCSM). (1977). *Position paper on basic skills*. n.p.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1980). *An agenda for action: Recommendations for school mathematics of the 1980s*. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics.* Reston, VA: NCTM, 2000.

Nijlen, D. V., & Janssen, R. (2008). Modeling judgments in the Angoff and contrasting-groups method of standard setting. *Journal of Educational Measurement*, *45*, 45-63.

Norcini, J. J. (2003). Setting standards on educational tests. *Medical Education, 37*, 464-469.

Papageorgiou, S. (2010). *Setting cut scores on the common European framework of reference for the Michigan English test*. Ann Arbor, MI: English Language Institute.

Perie, M. (2008). A guide to understanding and developing performance-level descriptors. *Educational Measurement: Issues and Practice, 27*(4), 15-19.

Plake, B. S. (2008). Standard setters: Stand up and take a stand. *Education Measurement: Issues and Practice, 27*(1), 3-9.

Polya, G. (1957). *How to solve It: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). New York: Doubleday and Company.

Polya, G. (1980). *On solving mathematical problems in high school "Problem solving in school mathematics: Yearbook"*. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.

Program for International Student Assessment (PISA). (2015). *PISA results in focus*. เข้าถึงได้จาก https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf

Reckase, M. D. (2000). Survey and evaluation of recently developed procedures for setting standards on education tests. In *Student performance standards on the National Assessment of Educational Progress: Affirmation and improvements*. Washington, DC: National Assessment Governing Board.

Schoenfeld, A. H. (1985). Students' beliefs about mathematics and their effects on mathematical performance: A questionnaire analysis. In *Paper presented at the 69th Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago, IL.

Sheehan, D. S., & Davis, R. G. (1979). The development and validation of a criterion-referenced mathematics battery. *School Science and Mathematics, 79*, 125-132.

Swaminathan, H., Hambleton, R. K., & Algina, J. (1974, Winter). Reliability of a criterion referenced test a decision-theoretic formulation. *Journal of Educational Measurement, 11*, 263-267.

Towles-Reeves, E. (2008). *Standard setting approaches for alternate assessment*. n.p.

Troutman, A. P., & Lichtenberg, B. K. (1995). *Mathematics a good beginning*. California: Cole Publishing Company.

Wiest, D., Wong, E., & Cusick, L. (1997). *High school students' perceptions of the school experience: A qualitative interview*. n.p.

Wilson, J. W., Fernandez, M. L., & Hadaway, N. (1993). *Mathematical problem solving in research ideas for the Classroom: High School Mathematics*. New York: Macmillan Publish Company.

Whitney, D. R., & Sabers, D. L. (1970). *Improving essay examination III*. Iowa City: University Evaluation and Examination Service.

Zieky, M. J., & Perie, M. (2006). *A primer on setting cut scores on tests of educational achievement*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Zieky, M. J., Perie, M., & Livngston, S. (2008). *Cutscores: A manual for setting standards of performance on educational and occupational tests*. Prinnceton, NJ: Educational Testing Service.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. ดร. อาพันธ์ชนิต เจนจิต	อาจารย์ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. นางประนอม รื่นสุคนธ์	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนพนัสพิทยาคาร
3. นายรณชัย พลอยเพ็ชร	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

รายนามผู้เชี่ยวชาญกำหนดคะแนนจุดตัด

1. นางประนอม รื่นสุคนธ์	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนพนัสพิทยาคาร
2. นายรณชัย พลอยเพ็ชร	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนชลราษฎรอำรุง
3. นายจักรกฤช เลื่อนกฐิน	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนบางละมุง
4. นางจุรีพร แน่นนันท์	ครู ชำนาญการ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร
5. นางสาวดารณี สนิทใจรักษ์	ครู ชำนาญการ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร
6. นายอากร พุทธรักษา โรงเรียน	ครูโรงเรียนชลราษฎรอำรุงชลราษฎรอำรุง

ภาคผนวก ข

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 34 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อคำถาม	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
1	1	0	1	2	0.67
2	1	1	1	3	1.00
3	0	1	1	2	0.67
4	1	1	1	2	1.00
5	1	1	0	2	0.67
6	0	1	1	2	0.67
7	1	1	0	2	0.67
8	1	1	1	3	1.00
9	1	0	1	2	0.67
10	1	1	1	3	1.00
11	0	0	1	1	0.33
12	0	1	1	2	0.67
13	1	1	1	3	1.00
14	0	1	1	2	0.67
15	1	1	1	3	1.00
16	0	1	1	2	0.67
17	1	1	0	2	0.67
18	1	1	0	2	0.67
19	1	1	1	3	1.00
20	1	0	1	2	0.67
21	1	1	1	3	1.00
22	1	0	0	1	0.33
23	1	0	0	1	0.33
24	0	1	1	2	0.67

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ข้อคำถาม	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
25	1	1	1	3	1.00
26	0	0	1	1	0.33
27	1	1	1	3	1.00
28	1	1	0	2	0.67
29	1	0	1	2	0.67
30	1	1	1	3	1.00
31	0	1	1	2	0.67
32	1	1	0	2	0.67
33	0	1	1	2	0.67
34	1	0	1	2	0.67
35	0	1	1	2	0.67
36	1	1	1	3	1.00
37	0	1	1	2	0.67
38	1	1	1	3	1.00
39	0	1	1	2	0.67
40	0	1	1	2	0.67
41	1	1	1	3	1.00
42	0	1	0	1	0.33
43	0	1	1	2	0.67
44	0	1	0	1	0.33

ตารางที่ 35 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อคำถาม	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	0	1	2	0.67
3	0	1	1	2	0.67
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	0	1	1	2	0.67
7	1	1	1	3	1.00
8	1	0	0	1	0.33
9	1	1	0	2	0.67
10	0	1	1	2	0.67
11	1	0	0	1	0.33

การทดสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ทดสอบครั้งที่ 2

1. หาค่าความยาก

ตารางที่ 36 การคำนวณหาค่าความยาก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทดสอบครั้งที่ 2

ข้อคำถาม	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด (N)	จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ($\sum R$)	ค่าความยาก (P)
1	150	114	0.76
2	150	100	0.67
3	150	78	0.52
4	150	35	0.23
5	150	105	0.70
6	150	92	0.61
7	150	74	0.49
8	150	36	0.24
9	150	116	0.77
10	150	108	0.72
11	150	89	0.59
12	150	50	0.33
13	150	116	0.77
14	150	107	0.71
15	150	81	0.54
16	150	52	0.35
17	150	119	0.79
18	150	108	0.72
19	150	97	0.65
20	150	56	0.37

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ข้อคำถาม	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด (*N*)	จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ($\sum R$)	ค่าความยาก (P)
21	150	120	0.80
22	150	118	0.79
23	150	96	0.64
24	150	54	0.36
25	150	120	0.80
26	150	117	0.78
27	150	75	0.50
28	150	38	0.25
29	150	119	0.79
30	150	118	0.79
31	150	97	0.65
32	150	55	0.37
33	150	114	0.76
34	150	108	0.72
35	150	91	0.61
36	150	47	0.31

2. ค่าอำนาจจำแนก

ตารางที่ 37 การคำนวณค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทดสอบครั้งที่ 2

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก				รวม
	กลุ่มผ่านเกณฑ์ (81)	u/n1	กลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (69)	L/n2	
1	76	0.94	38	0.55	0.39
2	73	0.90	27	0.39	0.51
3	65	0.80	13	0.19	0.61
4	30	0.37	5	0.07	0.30
5	70	0.86	35	0.51	0.36
6	64	0.79	28	0.41	0.38
7	60	0.74	14	0.20	0.54
8	35	0.43	1	0.01	0.42
9	77	0.95	39	0.57	0.39
10	74	0.91	34	0.49	0.42
11	71	0.88	18	0.26	0.62
12	48	0.59	2	0.03	0.56
13	76	0.94	40	0.58	0.36
14	71	0.88	36	0.52	0.35
15	69	0.85	12	0.17	0.68
16	50	0.62	2	0.03	0.59
17	79	0.98	40	0.58	0.38
18	78	0.98	30	0.43	0.53
19	78	0.96	19	0.28	0.70
20	55	0.68	1	0.01	0.68
21	75	0.93	45	0.65	0.10
22	75	1.00	59	0.86	0.14
23	75	0.95	21	0.30	0.59

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก				รวม
	กลุ่มผ่านเกณฑ์ (81)	u/n1	กลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (69)	L/n2	
24	53	0.70	1	0.01	0.69
25	81	1.00	39	0.57	0.42
26	79	0.98	38	0.55	0.41
27	67	0.83	8	0.12	0.71
28	38	0.47	0	0.00	0.47
29	71	0.88	48	0.70	0.13
30	71	0.88	47	0.68	0.14
31	71	0.88	26	0.38	0.58
32	48	0.59	7	0.10	0.59
33	73	0.90	41	0.59	0.31
34	73	0.90	35	0.51	0.39
35	71	0.88	20	0.29	0.59
36	47	0.58	0	0.00	0.58

ทดสอบครั้งที่ 3 นำไปใช้จริง

1. หาค่าความยาก

ตารางที่ 38 การคำนวณหาค่าความยาก ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำไปใช้จริง

ข้อคำถาม	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด (N)	จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ($\sum R$)	ค่าความยาก (P)
1	314	246	0.78
2	314	219	0.70
3	314	186	0.59
4	314	79	0.25
5	314	238	0.76
6	314	214	0.68
7	314	182	0.58
8	314	99	0.32
9	314	238	0.76
10	314	210	0.67
11	314	176	0.56
12	314	104	0.33
13	314	240	0.76
14	314	221	0.70
15	314	186	0.59
16	314	104	0.33
17	314	244	0.78
18	314	221	0.70
19	314	199	0.63
20	314	106	0.34
21	314	205	0.65
22	314	186	0.59

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ข้อคำถาม	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด (N)	จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ($\sum R$)	ค่าความยาก (P)
23	314	168	0.54
24	314	103	0.33
25	314	235	0.75
26	314	226	0.72
27	314	179	0.57
28	314	117	0.37
29	314	249	0.79
30	314	228	0.73
31	314	179	0.57
32	314	99	0.32
33	314	222	0.71
34	314	211	0.67
35	314	172	0.55
36	314	96	0.31

2. ค่าอำนาจจำแนก

ตารางที่ 39 การคำนวณค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำไปใช้จริง

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก				รวม
	กลุ่มผ่านเกณฑ์ (130)	u/n1	กลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (184)	L/n2	
1	122	0.94	124	0.67	0.26
2	120	0.92	99	0.54	0.39
3	113	0.87	73	0.40	0.47
4	64	0.49	15	0.08	0.41
5	124	0.95	114	0.62	0.33
6	119	0.92	95	0.52	0.40
7	111	0.85	71	0.39	0.47
8	80	0.62	19	0.10	0.51
9	120	0.92	118	0.64	0.28
10	110	0.85	100	0.54	0.30
11	105	0.81	71	0.39	0.42
12	89	0.68	15	0.08	0.60
13	116	0.89	124	0.67	0.22
14	114	0.88	107	0.58	0.30
15	111	0.85	75	0.41	0.45
16	98	0.75	6	0.03	0.72
17	123	0.95	121	0.66	0.29
18	120	0.92	101	0.55	0.37
19	114	0.88	85	0.46	0.41
20	93	0.72	13	0.07	0.64
21	129	0.99	76	0.41	0.58
22	111	0.85	75	0.41	0.45
23	97	0.75	71	0.39	0.36

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก				รวม
	กลุ่มผ่านเกณฑ์ (130)	u/n1	กลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (184)	L/n2	
24	88	0.68	15	0.08	0.60
25	125	0.96	110	0.60	0.36
26	123	0.95	103	0.56	0.39
27	121	0.93	58	0.32	0.62
28	107	0.82	10	0.05	0.77
29	125	0.96	124	0.67	0.29
30	117	0.90	111	0.60	0.30
31	99	0.76	80	0.43	0.33
32	81	0.62	18	0.10	0.53
33	108	0.83	114	0.62	0.21
34	107	0.82	104	0.57	0.26
35	90	0.69	82	0.45	0.25
36	68	0.52	28	0.15	0.37

3. ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แยกตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำไปใช้จริง

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
X1	314	2.00	9.00	2120.00	6.7516	1.91732
x2	314	1.00	9.00	1942.00	6.1847	2.07317
x3	314	.00	9.00	1631.00	5.1943	2.48391
x4	314	.00	9.00	939.00	2.9904	3.03703
Valid N (listwise)	314					

X1 แทน ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

X2 แทน ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

X3 แทน ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน

X4 แทน ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ

4. ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
x	21.1210	8.43532	314
y	74.0478	11.13901	314

Correlations

		x	y
x	Pearson Correlation	1	.782**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	314	314
y	Pearson Correlation	.782**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	314	314

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

x แทน คะแนนจากแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

y แทน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การทดสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย

ทดสอบครั้งที่ 2

1. หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

ตารางที่ 40 การคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย ทดสอบครั้งที่ 2

แบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 25% ได้ 38 คน

ข้อคำถาม	Total Hi	Total Lo	Max score	Min score	p	D
1	336	123	10	0	0.60	0.56
2	318	141	10	0	0.60	0.47
3	337	125	10	0	0.61	0.56
4	354	116	10	0	0.62	0.63
5	347	138	10	0	0.64	0.55
6	361	118	10	0	0.63	0.64
7	362	120	10	0	0.63	0.64
8	354	131	10	0	0.64	0.59
9	337	120	10	0	0.60	0.57

ทดสอบครั้งที่ 3 นำไปใช้จริง

1. หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

ตารางที่ 41 การคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย ทดสอบครั้งที่ 2 นำไปใช้จริง

แบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 25% ได้ 79 คน

ข้อคำถาม	Total Hi	Total Lo	Max score	Min score	p	D
1	624.75	263	10	0	0.56	0.46
2	612	293.5	10	0	0.57	0.40
3	644	238.25	10	0	0.56	0.51
4	606.5	210.5	10	0	0.49	0.48
5	679.5	250.5	10	0	0.59	0.54
6	697	304.5	10	0	0.63	0.50
7	620.5	230.5	10	0	0.54	0.49
8	733.5	232.25	10	0	0.61	0.63
9	566.75	326.25	10	0	0.57	0.30

2. ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แยกตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย ทดสอบครั้งที่ 2 นำไปใช้จริง

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
x1	314	6.00	18.00	4579.25	14.5836	2.48775
x2	314	3.00	17.50	3869.00	12.3217	3.52366
x3	314	.50	34.50	6195.50	19.7309	8.53035
x4	314	.00	15.50	2252.25	7.1728	4.25437
Valid N (listwise)	314					

X1 แทน ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

X2 แทน ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

X3 แทน ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน

X4 แทน ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ

3. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นอัตนัย ทดสอบครั้งที่ 2 นำไปใช้จริง จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแนวคิดของโลเวตต์ (Lovett, 1977) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของฮอยท์

$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K} X_{ij}^2 = 10^2 + 10^2 + \ldots + 0^2 = 135{,}185$

$\overline{X}.. = 5.98$

$$SS_T = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K} X_{ij}^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K} X_{ij}\right]^2}{nK} + nK(\overline{X}.. - C)^2$$

$$= 135{,}185 - \frac{16{,}896^2}{(314)(9)} + 314(9)(5.98 - 6.23)^2$$

$$= 190{,}597$$

$$SS_i = \frac{\left[\sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{n} X_{ij}\right]^2}{n} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{K} X_{ij}\right]^2}{nK}$$

$$= \frac{(1{,}870.25)^2 + (1{,}631.5^2 + \ldots + (1{,}832.75))^2}{314}$$

$$= 843.29$$

$SS_p = K\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{X - C}\right)^2 = 9(1218.38) = 10{,}965.41$

$SS_E = SS_T - SS_p - SS_i = 34{,}344.73 - 10{,}965.41 - 843.29 = 22{,}536.02$

$MS_p = \frac{SS_p}{n} = \frac{10{,}965.41}{314} = 34.92$

$MS_E = \frac{SS_E}{(K-1)(n-1)} = \frac{22{,}536.02}{(9-1)(314-1)} = 9.00$

$r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_p}$

$= 1 - \frac{9.00}{34.95} = 0.74$

4. ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ให้คะแนนของกรรมการ 2 คน โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
x	55.0032	18.39338	314
y	52.6146	16.94860	314

Correlations

		x	y
x	Pearson Correlation	1	.987**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	314	314
y	Pearson Correlation	.987**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	314	314

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

x แทน คะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยของกรรมการคนที่ 1

y แทน คะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยของกรรมการคนที่ 2

5. ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
x	53.8089	17.61166	314
y	74.0478	11.13901	314

Correlations

		x	y
x	Pearson Correlation	1	.817**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	314	314
y	Pearson Correlation	.817**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	314	314

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลา 90 นาที
ฉบับที่ 1

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 10 หน้า จำนวน 36 ข้อ (ข้อ 1 - 36)
2. ก่อนทำข้อสอบ ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ลงในกระดาษคำตอบ และเขียนเลขที่ตรงมุมขวาข้างบนของกระดาษคำตอบ
3. ในการทำข้อสอบ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น แล้วให้นักเรียนกากบาท ✕ ลงในกระดาษคำตอบทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ที่เป็นคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ถ้าข้อใดตอบเกิน 1 คำตอบ จะถือว่าข้อนั้นผิด ดังตัวอย่างการตอบกรณีเลือกตอบ ข้อ ก. ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	✕			

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ทำเครื่องหมาย = ทับ เครื่องหมายกากบาท ✕ เดิมแล้วจึงกากบาททับอักษรที่ตรงกับคำตอบใหม่ที่เลือก ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ก. เป็น ค.

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	=		✕	

5. ห้ามขีดเขียน หรือทดในกระดาษคำถาม และกระดาษคำตอบ ให้ทดในกระดาษทดที่เตรียมไว้ให้
6. เมื่อหมดเวลาตอบ ให้ส่งแบบทดสอบ และกระดาษคำตอบ

ข้อมูลสำหรับนักเรียน

ชื่อ – สกุล ……

โรงเรียน ……

อำเภอ …… จังหวัด ……

……..ขอให้นักเรียนทุกคนโชคดีในการสอบ ……

สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ขอบสระยาว 15 เมตร และด้านกว้าง 13 เมตร ถ้าต้องการใส่น้ำลงในสระ 780,000 ลิตร ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

1. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

   (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

   ก. ระดับขอบสระยาวกี่เมตร

   ข. ระดับขอบสระกว้างกี่เมตร

   ค. น้ำในสระมีปริมาตรกี่ลิตร

   ง. ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

2. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

   (ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

   ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง

   ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

   ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3}$ $\times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

   ง. ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$

3. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร” (ขั้นการดำเนินการตามแผน)

   ก. 2 เมตร

   ข. 4 เมตร

   ค. 52 เมตร

   ง. 60 เมตร

4. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร” (ขั้นการตรวจสอบผล)

   ก. $780 = 15 \times 13 \times 2$

   ข. $780 = 15 \times 13 \times 4$

   ค. $780 = 15 \times 13 \times 52$

   ง. $780 = 15 \times 13 \times 60$

ต้องการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร เป็นชั้น ๆ ดังนี้
ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 3 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1 เซนติเมตร
ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 1.5 เซนติเมตร
ถ้าต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา จงหาว่าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

5. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. เค้กช็อคโกแลตมีความหนาเท่าใด

ข. เค้กช็อคโกแลตมีปริมตรเท่าใด

ค. เค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

ง. เค้กช็อคโกแลตมีรัศมีเท่าใด

6. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง × ยาว × สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3}$ × พื้นที่ฐาน × สูง

ง. ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$

7. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 330 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. 4,620 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ง. 18,460 ลูกบาศก์เซนติเมตร

8. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 330 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ 6×330 เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ข. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ 6×770 เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ค. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 4,620 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ $6\times4{,}620$ เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ง. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 18,460 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ $6\times18{,}460$ เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.09 เมตร ถ้าถังน้ำกดใบหนึ่งจุน้ำดื่มไว้ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

9. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. กรวยกระดาษมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. ถังน้ำกดมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. กรวยกระดาษมีรัศมีเท่าใด

ง. จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

10. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = πr^2h

ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3}\times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ง. ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2h$

11. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 33 ใบ

ข. 35ใบ

ค. 43 ใบ

ง. 45 ใบ

12. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 33 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 33 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $33\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

ข. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 35ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 35 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $35\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

ค. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 43 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 43 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $43\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

ง. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 45 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 45 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $45\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

นำลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 24 เซนติเมตร ถ้านำมาหลอมใหม่เป็นทรงกลมเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

13. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ลูกเหล็กทรงกลมมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ข. ทรงกลมเล็ก ๆ มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ค. จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

ง. ลูกเหล็กทรงกลมมีรัศมีกี่นิ้ว

14. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรทรงกลม $= \frac{4}{3}\pi r^3$

ข. ปริมาตรทรงกระบอก $= \pi r^2 h$

ค. ปริมาตรพีระมิด $= \frac{1}{3} \times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ง. ปริมาตรกรวย $= \frac{1}{3}\pi r^2 h$

15. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 125 ลูก

ข. 150 ลูก

ค. 500 ลูก

ง. 1,000 ลูก

16. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 125 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3} \times \pi \times (2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 125 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $125 \times 18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3} \times \pi \times (12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ข. ทรงกลมเล็ก ๆจำนวน 150 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 150 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $150\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ค. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 500 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็กๆจำนวน 500 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $500\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ง. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 1,000 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 1,000 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $1{,}000\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ท่อนไม้รูปปริซึมสูง 16 นิ้ว ด้านทั้งสามด้านเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีด้านยาว 3, 4 และ 5 นิ้ว ตามลำดับ ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร เมื่อค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท

17. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร

ข. ท่อนไม้นี้ มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ค. สีที่ใช้ทาท่อนไม้นี้คือสีอะไร

ง. ทาสีตารางนิ้วละกี่บาท

18. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. พื้นที่ผิวปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่หน้าผิวข้าง + 2พื้นที่ฐาน

ง. พื้นที่ผิวทรงกระบอก= $2\pi r^2 + 2\pi rh$

19. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 1,020 `บาท

ข. 2,000 `บาท

ค. 2,500 `บาท

ง. 2,920 `บาท

20. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. เสียค่าใช้จ่าย 1,020 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 1,020 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ข. เสียค่าใช้จ่าย 2,000 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,000 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ค. เสียค่าใช้จ่าย 2,500 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,500 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ง. เสียค่าใช้จ่าย 2,920 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,920 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ท่อระบายน้ำทิ้งท่อหนึ่งยาว 1 ฟุต วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกได้ 12 นิ้ว ท่อน้ำหนา 2 นิ้ว จงหาว่าท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

21. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

ข. ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวข้างกี่ตารางนิ้ว

ค. ท่อน้ำทิ้งมีปริมาตรทั้งหมดกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ง. ทาสีตารางนิ้วละกี่บาท

22. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. พื้นที่ผิวปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่หน้าผิวข้าง + 2พื้นที่ฐาน

ง. พื้นที่ผิวทรงกระบอก= $2\pi r^2 + 2\pi rh$

23. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 154 ตารางนิ้ว

ข. 301.7 ตารางนิ้ว

ค. 452.6 ตารางนิ้ว

ง. 880 `ตารางนิ้ว

24. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

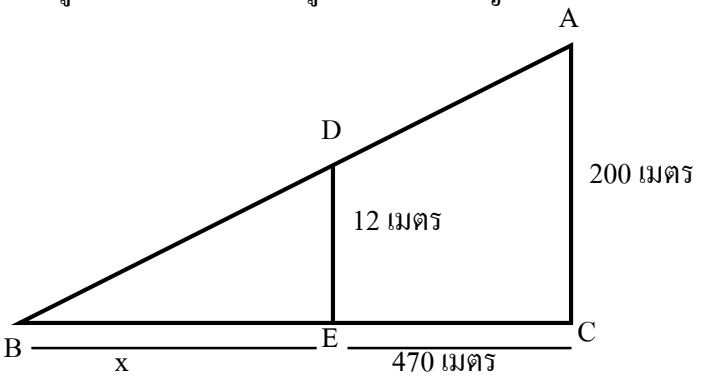
ก. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 154 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi \times 6 \times 12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำรอบภายใน เท่ากับ $2\pi \times 4 \times 12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $40\pi + 144\pi + 96\pi$ เท่ากับ $280\pi = 154$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ข. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 301.7 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi \times 6 \times 12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi \times 4 \times 12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ$40\pi + 144\pi + 96\pi$ เท่ากับ $280\pi = 301.7$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ค. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 452.6 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi \times 6 \times 12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi \times 4 \times 12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ$40\pi + 144\pi + 96\pi$ เท่ากับ $280\pi = 452.6$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ง. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 880 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi \times 6 \times 12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi \times 4 \times 12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ$40\pi + 144\pi + 96\pi$ เท่ากับ $280\pi = 880$ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

บนเรือเล็กลำหนึ่งมองเห็นยอดเสากระโดงเรือใหญ่ และยอดหน้าผาริมทะเลอยู่ในแนวเดียวกัน ถ้าเสากระโดงเรือใหญ่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 12 เมตร เรือใหญ่อยู่ห่างจากฝั่ง 470 เมตร หน้าผาสูง 200 เมตร เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร



25. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. เรือเล็กอยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร

ข. เรือใหญ่อยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร

ค. เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร

ง. หน้าผาสูงกี่เมตร

26. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $\frac{BC}{BE}=\frac{DE}{AC}=\frac{BD}{AB}$

ข. $\frac{BE}{DE}=\frac{AB}{AC}=\frac{BD}{BC}$

ค. $\frac{BE}{DE}=\frac{BC}{AC}=\frac{BD}{AB}$

ง. $\frac{BE}{BC}=\frac{DE}{AC}=\frac{BD}{AB}$

27. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 15 เมตร

ข. 30 เมตร

ค. 45 เมตร

ง. 60 เมตร

28. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. $\frac{150}{470} = \frac{12}{200} = \frac{BD}{AB}$

ข. $\frac{30}{470} = \frac{12}{200} = \frac{BD}{AB}$

ค. $\frac{45}{470} = \frac{12}{200} = \frac{BD}{AB}$

ง. $\frac{60}{470} = \frac{12}{200} = \frac{BD}{AB}$

น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 5% ชนิด B มีน้ำตาล 25% จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร มาผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 18% จำนวน 200,000 ลูกบาศก์

29. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M

ข. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด B

ค. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และ ชนิด B

ง. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิดผสม

30. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถเขียนระบบสมการได้อย่างไร”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $x + y = 200$ ----------(1)

$0.05x + 0.25y = 36$ ----------(2)

ข. $x + y = 20$ ----------(1)

$0.05x + 0.25y = 36$ ----------(2)

ค. $\div$ ----------(1)

$\times$ ----------(2)

ง. $x + y = 20$ ----------(1)

$0.05x + 0.25y = 3.6$ ----------(2)

31. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบของระบบสมการเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 18 , 182

ข. 60 , 140

ค. 80 , 120

ง. 130 , 70

32. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด M ให้ได้ 18%

ข. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด B แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด B ให้ได้ 18%

ค. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M และชนิด B จากนั้นนำปริมาณน้ำตาลทั้งสองชนิดมาบวกกัน แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลรวมทั้งสองชนิดให้ได้ 18%

ง. นำปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และชนิด B มาบวกกันให้ได้ 200,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 800 บาท เด็กที่มีอายุมากกว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ500 บาท ปรากฏว่ามีผู้เข้าชมทั้งหมด 690 คน และขายบัตรเข้าชมได้เงิน 507,000 บาท อยากทราบว่ามีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

33. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ผู้ใหญ่เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้กี่คน

ข. เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้กี่คน

ค. ผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

ง. อัตราค่าเข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำของผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี คนละกี่บาท

34. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถเขียนระบบสมการได้อย่างไร”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $x + y = 690$ ----------(1)

$800x + 500y = 507{,}000$ ----------(2)

ข. $x + y = 507{,}000$ ----------(1)

$800x + 500y = 690$ ----------(2)

ค. $x + y = 800$ ----------(1)

$800x + 500y = 690$ ----------(2)

ง. $x + y = 500$ ----------(1)

$800x + 690y = 507{,}000$ ----------(2)

35. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบของระบบสมการเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. ผู้ใหญ่ 520 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 170 คน

ข. ผู้ใหญ่ 170 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 520 คน

ค. ผู้ใหญ่ 540 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 150 คน

ง. ผู้ใหญ่ 150 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 540 คน

36. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ผู้ใหญ่ 520 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 520×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 170 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 170×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

ข. ผู้ใหญ่ 170 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 170×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 520 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 520×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

ค. ผู้ใหญ่ 540 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 540×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 150 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 150×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

ง. ผู้ใหญ่ 150 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 150×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 540 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 540×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ใช้เวลา 90 นาที

ฉบับที่ 2

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 หน้า จำนวน 9 ข้อ
2. ก่อนทำข้อสอบ ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ลงในกระดาษคำตอบ และเขียนเลขที่ตรงมุมขวาข้างบนของกระดาษคำตอบ
3. ให้นักเรียนตอบคำถามลงในพื้นที่ที่กำหนดให้หากนักเรียนต้องการทดให้ทดในด้านหลังแบบทดสอบ
4. หากนักเรียนสงสัยประการใดให้สอบถามผู้คุมสอบ
5. การให้คะแนนจะให้คะแนนแต่ละข้อย่อยโดยยึดรูปแบบคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นหลัก

ข้อมูลสำหรับนักเรียน

ชื่อ-สกุล ……

โรงเรียน ……

อำเภอ ……จังหวัด……

……..ขอให้นักเรียนทุกคนโชคดีในการสอบ ……

1. สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ขอบสระยาว 18 เมตร และด้านกว้าง 11 เมตร ถ้าต้องการใส่น้ำลงในสระ 990,000 ลิตร ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

2. ต้องการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร เป็นชั้น ๆ ดังนี้
ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 เซนติเมตร
ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 2.5 เซนติเมตร
ถ้าต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา จงหาว่าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.12 เมตร ถ้าถังน้ำกดใบหนึ่งจุน้ำดื่มไว้ $1{,}600\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

4. นำลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้36 เซนติเมตร ถ้านำมาหลอมใหม่เป็นทรงกลมเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

5. ท่อนไม้รูปปริซึมสูง 14 นิ้ว ด้านทั้งสามด้านเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีด้านยาว 6, 8 และ 10 นิ้ว ตามลำดับ ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร เมื่อค่าทาสีตารางนิ้วละ 3.5 บาท

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

6. ท่อระบายน้ำทิ้งท่อหนึ่งยาว 25 ฟุต วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกได้ 25 นิ้ว ท่อน้ำหนา 2 นิ้ว จงหาว่าท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

7. บนเรือเล็กลำหนึ่งมองเห็นยอดเสากระโดงเรือใหญ่ และยอดหน้าผาริมทะเลอยู่ในแนวเดียวกัน ถ้าเสากระโดงเรือใหญ่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 4 เมตร เรือใหญ่อยู่ห่างจากฝั่ง 125 เมตร หน้าผาสูง 104 เมตร เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

8. น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 12% ชนิด B มีน้ำตาล 60% จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร มาผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 24% จำนวน 320,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

9. อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 300 บาท เด็กที่มีอายุมากว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ100 บาท ปรากฏว่ามีผู้เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน และขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท อยากทราบว่ามีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

……

……

……

……

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

……

……

……

……

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือ แสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

ภาคผนวก ง

คู่มือแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี

คู่มือการใช้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วัตถุประสงค์

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนและเพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back)

ลักษณะและโครงสร้าง

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองจำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา จำนวน 9 ข้อ

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา จำนวน 9 ข้อ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน จำนวน 9 ข้อ

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล จำนวน 9 ข้อ

การพัฒนาแบบทดสอบ

ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ดำเนินการ ดังนี้

1. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.1 เขียนข้อสอบ โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาขึ้นจำนวน 44 ข้อ เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

1.2 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งข้อสอบจำนวน 36 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 8 ข้อ

1.3 ผลการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1 ทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ และข้อคำถาม ว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบที่มีความเหมาะสม พบว่าแบบทดสอบโดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 36 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที

1.4 ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการสอบไปคำนวณเพื่อหาคุณภาพทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 150 คน มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.23-0.95 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.13 – 0.71 มีค่าความยากเฉลี่ยทั้งฉบับ $\overline{p}$ เท่ากับ 0.62 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{B}$ เท่ากับ 0.46 นั่นคือ บ่งชี้รอบรู้/ ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องเป็นบางส่วน

2. การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 36 ข้อ ทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 314 คน ได้วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้ ค่าสถิติพื้นฐานพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.75 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.91 ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.ต คิดเป็นร้อยละ 68.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.07 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.19 คิดเป็นร้อยละ 57.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.48 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 คิดเป็นร้อยละ 33.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.41 คิดเป็นร้อยละ 58.52 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.95 ค่าความยากตั้งแต่ 0.25-0.79 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.77 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพมีค่าเท่ากับ 0.78 ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.99 คะแนนจุดตัด คือ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.17

การดำเนินการสอบ

ในการดำเนินการสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินรายบุคคล โดยมีคำแนะนำในการทำแบบทดสอบ ดังนี้

1. การเตรียมตัวก่อนการสอบ

1.1 กำหนดวัน เวลาสอบ และแจ้งให้ผู้สอบทราบวัตถุประสงค์ของการสอบ

1.2 เตรียมห้องสอบ แบบทดสอบให้เพียงพอ

2. วิธีปฏิบัติขณะสอบ

2.1 ให้อาจารย์ผู้คุมสอบอ่านคำแนะนำในการตอบแบบทดสอบดังนี้

2.1.1 แบบทดสอบทั้งหมดมี 36 ข้อ

2.1.2 ผู้สอบนำข้อสอบที่รับไว้ตรงหน้า อ่านคำอธิบายวิธีการสอบที่ปิดไว้ด้านหน้าแบบทดสอบ จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้สอบซักถามข้อสงสัยให้กรอก ชื่อ-สกุล เลขที่

2.1.3 ให้ผู้สอบกรอก ชื่อ-สกุล เลขที่ ลงให้เรียบร้อย

2.1.4 เมื่อกรรมการคุมสอบสั่ง “ลงมือทำได้” จึงสามารถทำข้อสอบ โดยกรรมการคุมสอบจะเขียนเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในการทำแบบทดสอบไว้บนกระดาษ ใช้เวลา 90 นาที

2.1.5 กรุณาเขียนคำตอบด้วยลายมือที่อ่านได้ง่ายในพื้นที่ที่กำหนดให้

3. วิธีปฏิบัติหลังสอบ

3.1 เมื่อหมดเวลาสอบ ก่อนจะให้ผู้สอบออกจากห้องสอบ ผู้ดำเนินการสอบควรกล่าวชมเชยผู้สอบที่พยายามตั้งใจสอบอย่างดี เพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจและเป็นการสร้างเจตคติที่ดีในการสอบ

3.2 ตรวจให้คะแนนตามการให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ในแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 ข้อ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์การตัดสิน

คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เท่ากับ 25.98 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 25.98 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้

แนวทางในการตอบแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1
เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ขอบสระยาว 15 เมตร และด้านกว้าง 13 เมตร ถ้าต้องการใส่น้ำลงในสระ 780,000 ลิตร ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

1. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

   (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

   ก. ระดับขอบสระยาวกี่เมตร

   ข. ระดับขอบสระกว้างกี่เมตร

   ค. น้ำในสระมีปริมาตรกี่ลิตร

   (ง.) ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

2. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

   (ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

   ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง × ยาว × สูง

   (ข.) ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

   ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3}$ × พื้นที่ฐาน × สูง

   ง. ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$

3. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

   (ขั้นการดำเนินการตามแผน)

   ก. 2 เมตร

   (ข.) 4 เมตร

   ค. 52 เมตร

   ง. 60 เมตร

4. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. $780 = 15 \times 13 \times 2$

ข. $780 = 15 \times 13 \times 4$

ค. $780 = 15 \times 13 \times 52$

ง. $780 = 15 \times 13 \times 60$

ต้องการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร เป็นชั้น ๆ ดังนี้

ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 3 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1 เซนติเมตร

ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 1.5 เซนติเมตร

ถ้าต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา จงหาว่าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

5. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. เค้กช็อคโกแลตมีความหนาเท่าใด

ข. เค้กช็อคโกแลตมีปริมตรเท่าใด

ค. เค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

ง. เค้กช็อคโกแลตมีรัศมีเท่าใด

6. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง × ยาว × สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3} \times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ง. ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$

7. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 330 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. 4,620 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ง. 18,460 ลูกบาศก์เซนติเมตร

8. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 330 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ 6×330 เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ข. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ 6×770 เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ค. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 4,620 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ $6 \times 4{,}620$ เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

ง. ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 18,460 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของเค้กทั้งหมดเท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ $6 \times 18{,}460$ เท่ากับ 46,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน

กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.09 เมตร ถ้าถังน้ำกดใบหนึ่งจุน้ำดื่มไว้ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

9. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. กรวยกระดาษมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. ถังน้ำกดมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. กรวยกระดาษมีรัศมีเท่าใด

(ง.) จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

10. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง × ยาว × สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. ปริมาตรพีระมิด = $\frac{1}{3}$ × พื้นที่ฐาน × สูง

(ง.) ปริมาตรกรวย = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$

11. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 33 ใบ

(ข.) 35ใบ

ค. 43 ใบ

ง. 45 ใบ

12. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 33 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times 4^2\times 9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 33 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $33\times 48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

(ข.) ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 35ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 35 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $35\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

ค. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 43 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 43 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $43\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

ง. ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 45 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3}\times\pi\times4^2\times9$ เท่ากับ 48π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 45 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $45\times48\pi$ เท่ากับ $1{,}680\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำกดที่โจทย์กำหนด

นำลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 24 เซนติเมตร ถ้านำมาหลอมใหม่เป็นทรงกลมเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

13. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ลูกเหล็กทรงกลมมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ข. ทรงกลมเล็ก ๆ มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

(ค.) จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

ง. ลูกเหล็กทรงกลมมีรัศมีกี่นิ้ว

14. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

(ก.) ปริมาตรทรงกลม $=\frac{4}{3}\pi r^3$

ข. ปริมาตรทรงกระบอก $=\pi r^2h$

ค. ปริมาตรพีระมิด $=\frac{1}{3}\times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ง. ปริมาตรกรวย $=\frac{1}{3}\pi r^2h$

15. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 125 ลูก

ข. 150 ลูก

ค. 500 ลูก

ง. 1,000 ลูก

16. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 125 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็กๆจำนวน 125 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $125\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ข. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 150 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 150 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $150\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ค. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 500 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 500 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $500\times18.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ง. ทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 1,000 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(2.4)^3$ เท่ากับ 18.432π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็ก ๆ จำนวน 1,000 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $1{,}000\times18.43218.432\pi$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3}\times\pi\times(12)^3$ เท่ากับ $2{,}304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

ท่อนไม้รูปปริซึมสูง 16 นิ้ว ด้านทั้งสามด้านเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีด้านยาว 3, 4 และ 5 นิ้ว ตามลำดับ ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร เมื่อค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท

17. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

(ก.) จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร

ข. ท่อนไม้นี้ มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ค. สีที่ใช้ทาท่อนไม้นี้คือสีอะไร

ง. ทาสีตารางนิ้วละกี่บาท

18. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

(ค.) พื้นที่ผิวปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่หน้าผิวข้าง + 2พื้นที่ฐาน

ง. พื้นที่ผิวทรงกระบอก = $2\pi r^2 + 2\pi rh$

19. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแน)

(ก.) 1,020 `บาท

ข. 2,000 `บาท

ค. 2,500 `บาท

ง. 2,920 `บาท

20. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

(ก.) เสียค่าใช้จ่าย 1,020 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 1,020 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ข. เสียค่าใช้จ่าย 2,000 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,000 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ค. เสียค่าใช้จ่าย 2,500 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,500 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ง. เสียค่าใช้จ่าย 2,920 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 204 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5×204 เท่ากับ 2,920 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ท่อระบายน้ำทิ้งท่อหนึ่งยาว 1 ฟุต วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกได้ 12 นิ้ว ท่อน้ำหนา 2 นิ้ว จงหาว่าท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

21. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

ข. ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวข้างกี่ตารางนิ้ว

ค. ท่อน้ำทิ้งมีปริมาตรทั้งหมดกี่ลูกบาศก์นิ้ว

ง. ทาสีตารางนิ้วละกี่บาท

22. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

ข. ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

ค. พื้นที่ผิวปริซึมสามเหลี่ยม = พื้นที่หน้าผิวข้าง + 2พื้นที่ฐาน

ง. พื้นที่ผิวทรงกระบอก = $2\pi r^2 + 2\pi rh$

23. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 154 ตารางนิ้ว

ข. 301.7 ตารางนิ้ว

ค. 452.6 ตารางนิ้ว

ง. 880 `ตารางนิ้ว

24. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

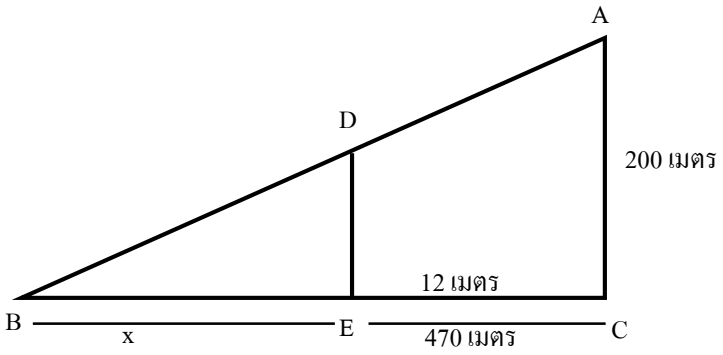
ก. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 154 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi\times6\times12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำรอบภายใน เท่ากับ $2\pi\times4\times12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $40\pi+144\pi+96\pi$ เท่ากับ $280\pi=154$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ข. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 301.7 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi\times6\times12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi\times4\times12$ เท่ากับ 969π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $40\pi+144\pi+96\pi$ เท่ากับ $280\pi=301.7$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ค. พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 452.6 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi\times6\times12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi\times4\times12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $40\pi+144\pi+96\pi$ เท่ากับ $280\pi=452.6$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

(ง.) พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 880 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\pi(6^2\text{-}4^2)$ เท่ากับ 40π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายนอก เท่ากับ $2\pi\times6\times12$ เท่ากับ 144π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำภายใน เท่ากับ $2\pi\times4\times12$ เท่ากับ 96π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $40\pi+144\pi+96\pi$ เท่ากับ $280\pi=880$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

บนเรือเล็กลำหนึ่งมองเห็นยอดเสากระโดงเรือใหญ่ และยอดหน้าผาริมทะเลอยู่ในแนวเดียวกัน ถ้าเสากระโดงเรือใหญ่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 12 เมตร เรือใหญ่อยู่ห่างจากฝั่ง 470 เมตร หน้าผาสูง 200 เมตร เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร



25. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. เรือเล็กอยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร

ข. เรือใหญ่อยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร

(ค.) เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร

ง. หน้าผาสูงกี่เมตร

26. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถใช้สูตรอะไรในการหาคำตอบ”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $\frac{BC}{BE}=\frac{DE}{AC}=\frac{BD}{AB}$

ข. $\frac{BE}{DE}=\frac{AB}{AC}=\frac{BD}{BC}$

ค. $\frac{BE}{DE}=\frac{BC}{AC}=\frac{BD}{AB}$

(ง.) $\frac{BE}{BC}=\frac{DE}{AC}=\frac{BD}{AB}$

27. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 15 เมตร

(ข.) 30 เมตร

ค. 45 เมตร

ง. 60 เมตร

28. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. $\frac{15}{470}=\frac{12}{200}=\frac{BD}{AB}$

ข. $\frac{30}{470}=\frac{12}{200}=\frac{BD}{AB}$

ค. $\frac{45}{470}=\frac{12}{200}=\frac{BD}{AB}$

ง. $\frac{60}{470}=\frac{12}{200}=\frac{BD}{AB}$

น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 5% ชนิด B มีน้ำตาล 25% จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร มาผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 18% จำนวน 200,000 ลูกบาศก์

29. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M

ข. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด B

ค. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และ ชนิด B

ง. ปริมาณน้ำเชื่อมชนิดผสม

30. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถเขียนระบบสมการได้อย่างไร”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

ก. $x+y=200$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=36$ ----------(2)

ข. $x+y=20$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=36$ ----------(2)

ค. $\div$ ----------(1)

$\times$ ----------(2)

ง. $\times$ ----------(1)

$0.05x+0.25y=3.6$ ----------(2)

31. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบของระบบสมการเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. 18, 182

ข. 60, 140

ค. 80, 120

ง. 130, 70

32. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด M ให้ได้ 18%

ข. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด B แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลชนิด B ให้ได้ 18%

ค. นำปริมาณน้ำเชื่อมแต่ละชนิดมาหาปริมาณของน้ำตาลชนิด M และชนิด B จากนั้นนำปริมาณน้ำตาลทั้งสองชนิดมาบวกกัน แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลรวมทั้งสองชนิดให้ได้ 18%

ง. นำปริมาณน้ำเชื่อมชนิด M และชนิด B มาบวกกันให้ได้ 200,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 800 บาท เด็กที่มีอายุมากว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ500 บาท ปรากฏว่ามีผู้เข้าชมทั้งหมด 690 คน และขายบัตรเข้าชมได้เงิน 507,000 บาท อยากทราบว่ามีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

33. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “ประเด็นปัญหาต้องการทราบอะไร”

(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา)

ก. ผู้ใหญ่เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้กี่คน

ข. เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้กี่คน

ค. ผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

ง. อัตราค่าเข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำของผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี คนละกี่บาท

34. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถเขียนระบบสมการได้อย่างไร”

(ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา)

(ก.) $x + y = 690$ ----------(1)

$800x + 500y = 507{,}000$ ----------(2)

ข. $x + y = 507{,}000$ ----------(1)

$800x + 500y = 690$ ----------(2)

ค. $x + y = 800$ ----------(1)

$800x + 500y = 690$ ----------(2)

ง. $x + y = 500$ ----------(1)

$800x + 690y = 507{,}000$ ----------(2)

35. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “มีคำตอบของระบบสมการเป็นเท่าไร”

(ขั้นการดำเนินการตามแผน)

ก. ผู้ใหญ่ 520 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 170 คน

ข. ผู้ใหญ่ 170 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 520 คน

ค. ผู้ใหญ่ 540 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 150 คน

(ง.) ผู้ใหญ่ 150 คน, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 540 คน

36. จากปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “สามารถตรวจคำตอบได้อย่างไร”

(ขั้นการตรวจสอบผล)

ก. ผู้ใหญ่ 520 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 520×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 170 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 170×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

ข. ผู้ใหญ่ 170 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 170×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 520 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 520×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

ค. ผู้ใหญ่ 540 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 540×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 150 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 150×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

(ง.) ผู้ใหญ่ 150 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 150×800 เท่ากับ 416,000 บาท, เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 540 คน ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 540×500 เท่ากับ 85,000 บาท ขายบัตรเข้าชมได้เงิน $416{,}000 + 85{,}000 = 507{,}000$ บาท เท่ากับที่โจทย์กำหนด

คู่มือการใช้แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วัตถุประสงค์

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และเพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem)

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying Out the Plan)

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking Back)

ลักษณะและโครงสร้าง

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 9 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying Out the Plan) และขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking Back)

การพัฒนาแบบทดสอบ

ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ดำเนินการ ดังนี้

1. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.1 เขียนข้อสอบ โดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาขึ้นจำนวน 11 ข้อ แต่ละปัญหาประกอบด้วยคำถามย่อย 4 คำถาม เพื่อวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

1.2 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งข้อสอบจำนวน 9 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่า

ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และมีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ตรงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 2 ข้อ

1.3 ผลการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1 ทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบด้านภาษาเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบ และข้อคำถาม ว่านักเรียนมีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ มีภาษากำกวมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเวลาในการสอบที่มีความเหมาะสม พบว่าแบบทดสอบโดยกำหนดสถานการณ์ของปัญหาจำนวน 9 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที

1.4 ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อนำผลการสอบไปคำนวณเพื่อหาคุณภาพ ทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 150 คน มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.60 – 0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.47 – 0.64 มีค่าความยากเฉลี่ย $\overline{p}$ เท่ากับ 0.62 นั่นคือ ข้อสอบค่อนข้างง่าย นำไปใช้ได้ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย $\overline{D}$ เท่ากับ 0.58 นั่นคือ ข้อสอบจำแนกได้ดีมาก นำไปใช้ได้

2. การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย

นำแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 9 ข้อ ทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดศึกษาธิการจังหวัดชลบุรี ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 314 คน ได้วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้ ค่าสถิติพื้นฐาน พิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน พบว่า ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.58 คิดเป็นร้อยละ 81.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49 ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.32 คิดเป็นร้อยละ 68.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.52 ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน คะแนนเต็ม 36 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.73 คิดเป็นร้อยละ 54.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.53 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบคำตอบ คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 คิดเป็นร้อยละ 39.83 ความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.25 คะแนนเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 53.07 คิดเป็นร้อยละ 18.58 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.43 ค่าความยากตั้งแต่ 0.50 – 0.63 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.32-0.67 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพมีค่าเท่ากับ 0.82 ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.74 ค่าความเชื่อมั่นของกรรมการผู้ให้คะแนน ที่ตรวจโดยกรรมการ 2 คนเท่ากับ 0.99 คะแนนจุดตัดเท่ากับ 61.25 คิดเป็นร้อยละ 68.06

การดำเนินการสอบ

ในการดำเนินการสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินรายบุคคล โดยมีคำแนะนำในการทำแบบทดสอบ ดังนี้

1. การเตรียมตัวก่อนการสอบ

1.1 กำหนดวัน เวลาสอบ และแจ้งให้ผู้สอบทราบวัตถุประสงค์ของการสอบ

1.2 เตรียมห้องสอบ แบบทดสอบให้เพียงพอ

2. วิธีปฏิบัติขณะสอบ

2.1 ให้อาจารย์ผู้คุมสอบอ่านคำแนะนำในการตอบแบบทดสอบดังนี้

2.1.1 แบบทดสอบทั้งหมดมี 9 สถานการณ์

2.1.2 ผู้สอบนำข้อสอบที่รับไว้ตรงหน้า อ่านคำอธิบายวิธีการสอบที่ปิดไว้ด้านหน้าแบบทดสอบ จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้สอบซักถามข้อสงสัยให้กรอก ชื่อ-สกุล เลขที่

2.1.3 ให้ผู้สอบกรอก ชื่อ-สกุล เลขที่ ลงให้เรียบร้อย

2.1.4 เมื่อกรรมการคุมสอบสั่ง “ลงมือทำได้” จึงสามารถทำข้อสอบ โดยกรรมการคุมสอบจะเขียนเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในการทำแบบทดสอบไว้บนกระดาษ ใช้เวลา 90 นาที

2.1.5 กรุณาเขียนคำตอบด้วยลายมือที่อ่านได้ง่ายในพื้นที่ที่กำหนดให้

3. วิธีปฏิบัติหลังสอบ

3.1 เมื่อหมดเวลาสอบ ก่อนจะให้ผู้สอบออกจากห้องสอบ ผู้ดำเนินการสอบควรกล่าวชมเชยผู้สอบที่พยายามตั้งใจสอบอย่างดี เพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจและเป็นการสร้างเจตคติที่ดีในการสอบ

3.2 ตรวจให้คะแนนตามการให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย จะใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เพื่อประเมินความสามารถการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Charles; Lester; & O'Daffer, 1987, pp. 30 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2555, หน้า 104 -106)

เกณฑ์การประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ ถูกต้องและครบถ้วน
	1	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องบางส่วน หรือไม่ครบถ้วน
	0	- นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และบอกสิ่งที่โจทย์ถามไม่ ถูกต้อง หรือไม่ทำเลย
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	2	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสมสอดคล้องกับปัญหา และสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	1	- นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่ เหมาะสมกับประเด็นของปัญหา และสามารถนำไปสู่คำตอบได้
	0	- นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ไม่สามารถแก้ปัญหาได้
3. ขั้นดำเนินการตามแผน	4	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสรุปคำตอบได้อย่างชัดเจน และครบถ้วน
	3	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนถูกต้องหรือคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่สรุปคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วน
	2	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนหรือมีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาบ้างแต่ไม่สำเร็จ
	1	- นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินแก้ปัญหาเลย
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้หรือแสดงวิธีการแก้ปัญหาผิด

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
4. การตรวจสอบผล	2	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ชัดเจน ถูกต้อง
	1	- นักเรียนสามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้หรือไม่มีการแสดงวิธีการตรวจคำตอบ

เกณฑ์การตัดสิน

คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย เท่ากับ 62.22 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน นักเรียนสอบได้คะแนนตั้งแต่ 62.22 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นกลุ่มรอบรู้

แนวทางในการตอบแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ขอบสระยาว 18 เมตร และด้านกว้าง 11 เมตร ถ้าต้องการใส่น้ำลงในสระ 990,000 ลิตร ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ขอบสระยาว 18 เมตร
- ด้านกว้าง 11 เมตร
- ต้องการใส่น้ำลงในสระ 990,000 ลิตร

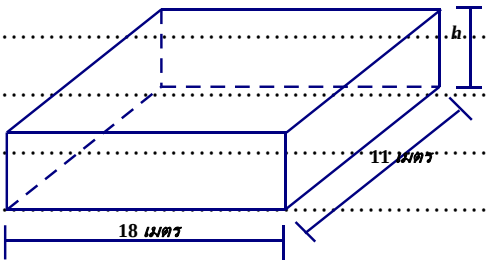
1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- ระดับน้ำจะสูงจากก้นสระกี่เมตร

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพหรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

สูตรการหาปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง



= กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

วิธีทำ กำหนดให้ ความสูงจากก้นสระ h เมตร

ต้องการใส่น้ำลงในสระ 990,000 ลิตร $= \frac{990,000}{1,000} = 990$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

จากสูตรการหาปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

= กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง

$990 = 11 \times 18 \times h$

$h = \frac{990}{11 \times 18}$

$h = 5$ เมตร

ตอบ ระดับน้ำจะสูงจากก้น 5 เมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

วิธีทำ จากสูตรการหาปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

= กว้าง $\frac{990,000}{1,000}$ ยาว $\frac{990,000}{1,000}$ สูง

= 11 $\frac{990,000}{1,000}$ 18 $\frac{990,000}{1,000}$ 5

= 990 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรของสระว่ายน้ำ เท่ากับ 990 $\frac{990,000}{1,000}$ 1,000 = 990,000 ลิตร เป็นจริงตามที่โจทย์กำหนด

2. ต้องการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร เป็นชั้น ๆ ดังนี้

ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 เซนติเมตร

ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 2.5 เซนติเมตร

ถ้าต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา จงหาว่าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

- เค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร

- เค้กช็อคโกแลตแบ่งเป็นชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร

ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 เซนติเมตร ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1 เซนติเมตร

ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 2.5 เซนติเมตร

- ต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา

.....

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

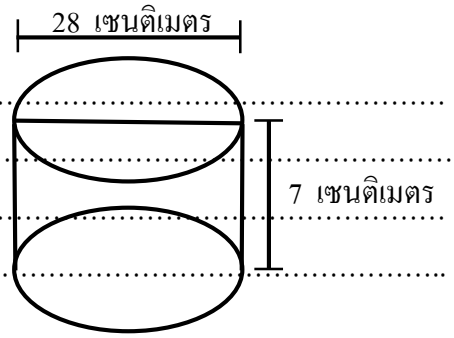
.....

เค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตรเท่าใด

.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์



ปริมาตรทรงกระบอก = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

= $\pi r^2 h$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

เค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร รัศมี $\frac{28}{2} = 14$ เซนติเมตร

ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 เซนติเมตร

ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 เป็นช็อคโกแลตหนา 2.5 เซนติเมตร

ดังนั้น เค้กชั้นนี้มีความสูง $2 + 1.5 + 1 + 2.5 = 7$ เซนติเมตร

จากสูตร ปริมาตรทรงกระบอก = พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

= $\pi r^2 h$

= $\frac{28}{2} \times 14 \times 14 \times 7$

= 4,312 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ต้องการตัดเค้กเพื่อแบ่งขายให้เกิดมุมที่จุดศูนย์กลางขนาด 60 องศา

จะได้เค้กทั้งหมด $\frac{360}{60} = 6$ ชิ้น ชิ้นละ $\frac{4,312}{6} = 718.67$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอบ เค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมานี้มีปริมาตร 718.67 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

ถ้าเค้กชิ้นที่ตัดแบ่งออกมีปริมาตรเท่ากับ 718.67 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากปริมาตรของ เค้ก……

ทั้งหมดเท่ากับ 4,312 ลูกบาศก์เซนติเมตร เค้กที่ตัดออกมีทั้งหมด 6 ชิ้น จะเท่ากับ 6×718.67……

เท่ากับ 4,312 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความจุเท่ากัน……

……

3. กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.12 เมตร ถ้าถังน้ำกดใบหนึ่งจุน้ำดื่มไว้ $1{,}600\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

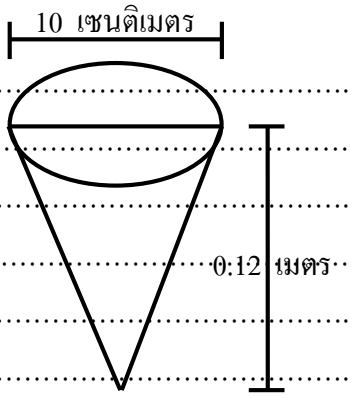
- กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
- สูงประมาณ 0.12 เมตร
- ถ้าถังน้ำกดใบหนึ่งจุน้ำดื่มไว้ $1{,}600\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์



ปริมาตรของกรวย $= \frac{1}{3} \times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

$= \frac{1}{3} \times \pi r^2 h$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

กรวยกระดาษสำหรับใส่น้ำดื่มมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร รัศมี $\frac{10}{2} = 5$ เซนติเมตร

จาก 1 เมตร เท่ากับ 100 เซนติเมตร

0.12 เมตร เท่ากับ $0.12 \times 100 = 12$ เซนติเมตร

ปริมาตรของกรวย $= \frac{1}{3} \times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง

$= \frac{1}{3} \times \pi r^2 h$

$= \frac{1}{3} \times \pi \times 5 \times 5 \times 12$

$= 100\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ถังน้ำถดในหนึ่งจุน้ำดื่มได้ $1,600\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณ $\frac{1,600\pi}{100\pi}$ = 16 ใบ

ตอบ จะต้องเตรียมกรวยกระดาษไว้ประมาณ 16 ใบ จึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

ถ้าต้องเตรียมกรวยกระดาษจำนวน 16 ใบ และปริมาตรของกรวยกระดาษ เท่ากับ $\frac{1}{3} \times \pi \times 5^2 \times 12$ เท่ากับ 100π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นกรวยกระดาษ 16 ใบ สามารถจุน้ำดื่มได้ $16 \times 100\pi$ เท่ากับ $1,600\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความจุเท่ากับถังน้ำถดที่โจทย์กำหนด

4. นำลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 36 เซนติเมตร ถ้านำมาหลอมใหม่เป็นทรงกลมเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

- ลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 36 เซนติเมตร

- หลอมใหม่เป็นทรงกลมเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร

.....

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

.....

- จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ กี่ลูก

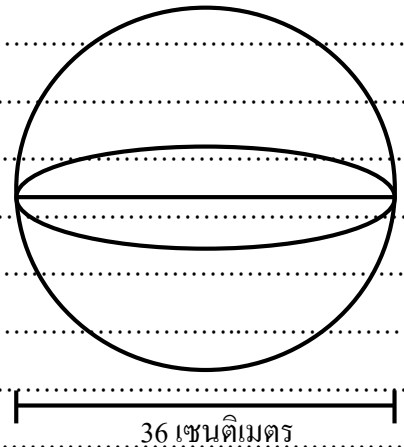
.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

.....

- ปริมาตรทรงกลม $= \frac{4}{3} \times \pi r^3$



ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

ลูกเหล็กทรงกลมวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 36 เซนติเมตร รัศมี $R = \frac{24}{2}$ =18 เซนติเมตร

ทรงกลมเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร รัศมี $r = \frac{24}{2}$ = 12 เซนติเมตร

ปริมาตรทรงกลมใหญ่ $= \frac{4}{3} \times \pi r^3$

$= \frac{4}{3} \times \pi \times 18 \times 18 \times 18$

$= 7,776\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรทรงกลมเล็ก $= \frac{4}{3} \times \pi r^3$

นำทรงกลมใหญ่มาหลอมเป็นทรงกลมเล็ก ๆ ได้ $\frac{7,776\pi}{2.304\pi} = 3,375$ ลูก

$= \frac{4}{3} \times \pi \times 1.2 \times 1.2 \times 1.2$

ตอบ จะได้ทรงกลมเล็ก ๆ 3,375 ลูก

$= 2.304\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

ทรงกลมเล็กๆ จำนวน 3,375 ลูก และปริมาตรของทรงกลมเล็ก ๆ เท่ากับ $\frac{4}{3} \times \pi \times (1.2)^3$ เท่ากับ 2.304π ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นทรงกลมเล็กๆจำนวน 3,375 ลูก หลอมรวมเป็นทรงกลมได้ $3,3755 \times 2.304\pi$ เท่ากับ $2.304\ \pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรของทรงกลมเท่ากับ $\frac{4}{3} \times \pi \times (18)^3$ เท่ากับ $2.304\ \pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า มีปริมาตรเท่ากัน

5. ท่อนไม้รูปปริซึมสูง 14 นิ้ว ด้านทั้งสามด้านเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีด้านยาว 6, 8 และ 10 นิ้ว ตามลำดับ ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร เมื่อค่าทาสีตารางนิ้วละ 3.5 บาท

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- ท่อนไม้รูปปริซึมสูง 14 นิ้ว
- ด้านทั้งสามด้านเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีด้านยาว 6, 8 และ 10 นิ้ว
- ค่าทาสีตารางนิ้วละ 3.5 บาท

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

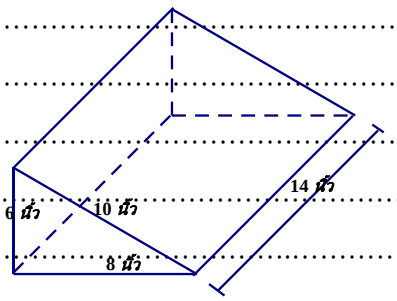
- ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

พื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม = 2พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

$= 2 \times (\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}) + (\text{เส้นรอบฐาน} \times \text{สูง})$



ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

พื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม = 2 พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

$= 2 \times (\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}) + (\text{เส้นรอบฐาน} \times \text{สูง})$

$= 2 \times (\frac{1}{2} \times 8 \times 6) + [(8 + 6 + 10) \times 14]$

$= 48 + 336$

ดังนั้น พื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม เท่ากับ 384 ตารางนิ้ว

ค่าทาสีตารางนิ้วละ 3.5 บาท

ถ้าจะทาสีท่อนไม้นี้ จะเสียค่าใช้จ่าย $384 \times 3.5 = 1,344$ บาท

ตอบ จะเสียค่าใช้จ่าย 1,344 บาท

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

เสียค่าใช้จ่าย 1,344 บาท พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อนไม้รูปปริซึม เท่ากับ 384 ตารางเซนติเมตร ค่าทาสีตารางนิ้วละ 3.5 บาท เสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด 3.5×384 เท่ากับ 1,344 บาท เสียค่าใช้จ่ายเท่ากัน

6. ท่อระบายน้ำทิ้งท่อหนึ่งยาว 25 ฟุต วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกได้ 25 นิ้ว ท่อน้ำหนา 2 นิ้ว จงหาว่าท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- ท่อระบายน้ำทิ้งท่อหนึ่งยาว 25 ฟุต
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกได้ 25 นิ้ว
- ท่อน้ำหนา 2 นิ้ว

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

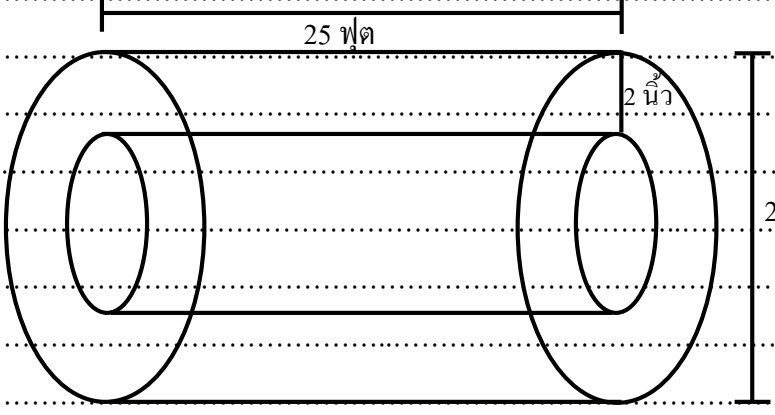
- ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมดกี่ตารางนิ้ว

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากโจทย์ปัญหา มาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = 2พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$



ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 25 นิ้ว รัศมี R $\frac{25}{2}$ นิ้ว

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $25 - 4 = 21$ นิ้ว รัศมี r $\frac{21}{2}$ นิ้ว

จาก 1 ฟุต เท่ากับ 12 นิ้ว ดังนั้น 25 ฟุต เท่ากับ $25 \times 12 = 300$ นิ้ว

ดังนั้น ท่อระบายน้ำทิ้งยาว 300 นิ้ว

พื้นที่ผิวข้างภายนอก $= 2\pi Rh$

$= 2 \times \pi \times \frac{25}{2} \times 300 = 7{,}500\pi$ ตารางนิ้ว

พื้นที่ผิวข้างภายใน $= 2\pi rh$

$= 2 \times \pi \times \frac{21}{2} \times 300 = 6{,}300\pi$ ตารางนิ้ว

พื้นที่ฐาน $= 2\pi(R^2 - r^2)$

$= 2 \times \pi \times \left[\left(\frac{25}{2}\right)^2 - \left(\frac{21}{2}\right)^2\right] = 92\pi$ ตารางนิ้ว

พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำ $= 7{,}500\pi + 6{,}300\pi + 92\pi$

$= 13{,}892\pi$

$= 43{,}660.57$ ตารางนิ้ว

ตอบ ท่อน้ำทิ้งมีพื้นที่ผิวทั้งหมด 43,660.57 ตารางนิ้วตารางนิ้ว

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ 43,660.57 ตารางนิ้ว พื้นที่ฐาน เท่ากับ $2\times\pi\times\left[\left(\frac{25}{2}\right)^2-\left(\frac{21}{2}\right)^2\right]$ เท่ากับ 92π ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำรอบนอก เท่ากับ $2\times\pi\times\frac{25}{2}\times300$ เท่ากับ $7{,}500\pi$ ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวท่อระบายน้ำรอบใน เท่ากับ เท่ากับ $2\times\pi\times\frac{21}{2}\times300$ เท่ากับ $6{,}300\pi$ ตารางนิ้ว พื้นที่ผิวทั้งหมดของท่อระบายน้ำทิ้งเท่ากับ $7{,}500\pi + 6{,}300\pi + 92\pi$ เท่ากับ $13{,}892\pi = 43{,}660.57$ ตารางนิ้ว เท่ากัน แสดงว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

7. บนเรือเล็กลำหนึ่งมองเห็นยอดเสากระโดงเรือใหญ่ และยอดหน้าผาริมทะเลอยู่ในแนวเดียวกัน ถ้าเสากระโดงเรือใหญ่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 4 เมตร เรือใหญ่อยู่ห่างจากฝั่ง 125 เมตร หน้าผาสูง 104 เมตร เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- เสากระโดงเรือใหญ่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 4 เมตร
- เมตร เรือใหญ่อยู่ห่างจากฝั่ง 125 เมตร
- หน้าผาสูง 104 เมตร

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่กี่เมตร

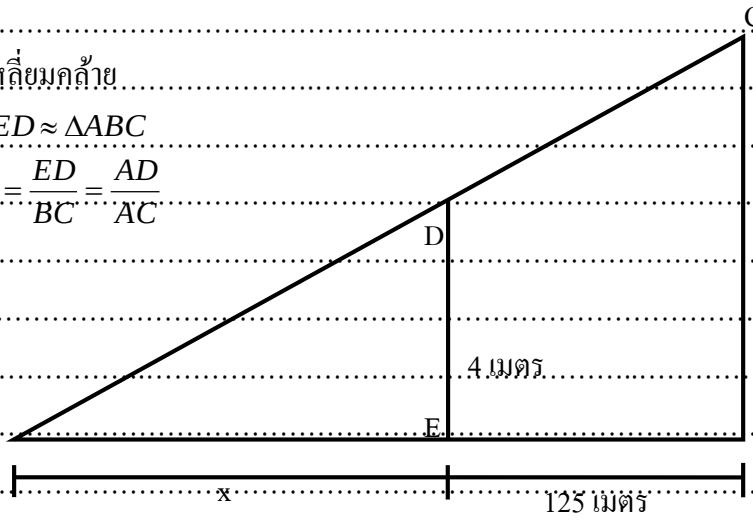
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือการเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

พิจารณา สามเหลี่ยมคล้าย

$\Delta AED \approx \Delta ABC$

จะได้ $\frac{AE}{AB} = \frac{ED}{BC} = \frac{AD}{AC}$



ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

กำหนดให้ เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่ x เมตร

พิจารณา สามเหลี่ยมคล้าย

$$\Delta AED \approx \Delta ABC$$

จะได้ $\frac{AE}{AB} = \frac{ED}{BC}$

$$\frac{x}{x+125} = \frac{4}{104}$$

$$104x = 4x + 500$$

$$100x = 500$$

$$x = 5 \text{ เมตร}$$

ตอบ เรือเล็กอยู่ห่างจากเรือใหญ่ 5 เมตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

พิจารณา สามเหลี่ยมคล้าย

$$\Delta AED \approx \Delta ABC$$

จะได้ $\frac{5}{130} = \frac{4}{104} = \frac{AD}{AC}$

8. น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 12% ชนิด B มีน้ำตาล 60% จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร มาผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 24% จำนวน 320,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- น้ำเชื่อมสองชนิด ชนิด M มีน้ำตาล 12%
- ชนิด B มีน้ำตาล 60%
- ผสมรวมกันให้ได้น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลอยู่ 24% จำนวน 320,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- จะต้องนำน้ำเชื่อมแต่ละชนิดปริมาณกี่ลิตร

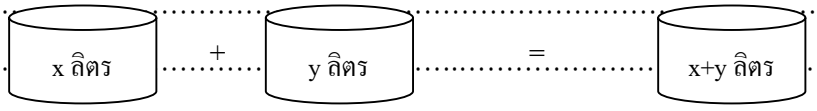
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

ให้ x เป็นปริมาณของ น้ำเชื่อมชนิด M

y เป็นปริมาตรของน้ำเชื่อมชนิด B

น้ำเชื่อม	**น้ำเชื่อมชนิด M**	**น้ำเชื่อมชนิด B**	**น้ำเชื่อมผสม**
ปริมาตรของน้ำเชื่อม (ลิตร)	x	y	320
ปริมาณของน้ำตาล	$\left(\frac{12}{100}\right)x$	$\left(\frac{60}{100}\right)y$	$\left(\frac{24}{100}\right)(320)$
	$=0.12x$	$=0.60y$	76.8



จะได้สมการ $x + y = 320$ ----------(1)

$0.12x + 0.60y = 76.8$ ----------(2)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

ให้ใช้น้ำเชื่อมชนิด M ที่มีน้ำตาล 12% จำนวน x ลูกบาศก์เซนติเมตร

คิดเป็นน้ำตาล $\frac{12}{100}x = 0.12$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ใช้น้ำเชื่อมชนิด B ที่มีน้ำตาล 60% จำนวน y ลูกบาศก์เซนติเมตร

คิดเป็นน้ำตาล $\frac{60}{100}y = 0.60$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ต้องการน้ำเชื่อมผสม 320,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เท่ากับ 320 ลิตร

จะได้สมการ $x + y = 320$ ----------(1)

น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาล 24% จำนวน 320 ลิตร

คิดเป็นน้ำตาล $\frac{24}{100} \times 320 = 76.8$ ลิตร

จะได้สมการเป็น $0.12x + 0.60y = 76.8$ ----------(2)

จากสมการ (1) $y = 320 - x$ ----------(3)

แทน y ด้วย 320 – x ในสมการที่ (2) จะได้

$$0.12x + 0.60(320 - x) = 76.8$$
$$0.12x + 192 - 0.60x = 76.8$$
$$0.48x = 115.2$$
$$x = 240$$

แทน x ด้วย 240 ในสมการที่ (3) จะได้ $y = 320 - 240$

$= 220$

ตอบ น้ำเชื่อม ชนิด M 240 ลิตร

น้ำเชื่อม ชนิด B 80 ลิตร

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

……

ถ้าใช้น้ำเชื่อมชนิด M 240 ลิตร จะใช้น้ำเชื่อม ชนิด B 80 ลิตร

น้ำเชื่อมชนิด M 240 ลิตร มีน้ำตาล $0.12 \times 240 = 28.8$ ลิตร

น้ำเชื่อม ชนิด B 80 ลิตร มีน้ำตาล $0.60 \times 80 = 48$ ลิตร

……

9. อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 300 บาท เด็กที่มีอายุมากว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ100 บาท ปรากฏว่ามีผู้เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน และขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท อยากทราบว่ามีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1.1) จงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- อัตราค่าเข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งเป็นดังนี้ ผู้ใหญ่คนละ 300 บาท
- เด็กที่มีอายุมากว่า 10 ปี ให้คิดอัตราเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปีคนละ100 บาท
- มีผู้เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน
- ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท

1.2) จงเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- มีผู้ใหญ่และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี เข้าชมของพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งนี้อย่างละกี่คน

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

คือ การนำหลักการทฤษฎีจากปัญหามาตีความเพื่อวางแผนแก้ปัญหาในลักษณะการวาดภาพ หรือ การเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์

ให้ x แทนจำนวนผู้ใหญ่ที่เข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

y แทนจำนวนเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี ที่เข้าชมพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

เข้าชมทั้งหมด 10,000 คน จะได้สมการ $x + y = 10,000$ ----------(1)

ผู้ใหญ่ จ่ายคนละ 300 บาท คิดเป็นเงิน 300 x บาท

เด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี จ่ายคนละ 100 บาท คิดเป็นเงิน 100 x บาท

ขายบัตรเข้าชมได้เงิน 1,675,800 บาท

จะได้สมการ $300x + 100y = 1,675,800$ ----------(2)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน

คือแสดงวิธีทำเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

$x + y = 10{,}000$ ----------(1)

$300x + 100y = 1{,}675{,}800$ ----------(2)

(2) ÷100 ; $3x + y = 16{,}758$ ----------(3)

(3) – (1) ; $2x = 6{,}758$

$x = 3{,}379$

แทน x ด้วย 3,379 ในสมการ (1) จะได้ $3{,}379 + y = 10{,}000$

$y = 6{,}621$

ตอบ ผู้ใหญ่ 3,379 คน และเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 6,621 คน

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คือ แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

ถ้ามีผู้ใหญ่เข้าชม 3,379 คน ขายบัตรได้เงิน $300 \times 3{,}379 = 1{,}013{,}700$ บาท

มีเด็กที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี 6,621 คน ขายบัตรได้เงิน $100 \times 6{,}621 = 662{,}100$ บาท

รวมผู้เข้ารวมชม $3{,}379 + 6{,}621 = 10{,}000$ คน

ขายบัตรได้เงิน $1{,}013{,}700 + 662{,}100 = 1{,}675{,}800$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์