

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากชุดการสอน

ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งฉบับ จำนวน 30 ข้อ จากกลุ่มตัวอย่าง 100 คน เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนนทรีวิทยา โดยใช้สูตร คูเคอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ปรากฏว่าแบบสอบมีความเชื่อมั่น 0.86 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1 หน้า 82 และรายละเอียดการวิเคราะห์จากหน้า 84 ในภาคผนวก ก.)

การวิเคราะห์รายข้อ โดยใช้เทคนิค 27% แบ่งกลุ่มสูง (PH) และกลุ่มต่ำ (PL) กลุ่มละ 27 คน กลุ่มสูงมีคะแนน 29 ถึง 24 คะแนน และกลุ่มต่ำมีคะแนน 10 ถึง 3 คะแนน จากการเปิดตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ชุง เต ฟาน (Chung Teh Fan) ปรากฏว่า แบบสอบมีระดับค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.18 - 0.86 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.23 ถึง 0.80 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 2 หน้า 85) ผู้วิจัยได้พิจารณาเห็นว่า มีข้อสอบที่ไม่ถึงเกณฑ์อยู่ 5 ข้อ คือข้อ 9, 16, 18, 24 และ 26 จึงตัดออก ด้วยเหตุผลดังนี้

1.1 แบบสอบที่ใช้ **บางครั้ง** วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อเดียว ใ้ข้อออกข้อสอบวัดถึง 2 ข้อ ดังนั้น หลังจากที่ถูกวิจัยได้พิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้ว พบว่าแบบสอบข้อที่ตัดทิ้งไปไม่มีผลทำให้การวัดจุดประสงค์ข้อใดข้อหนึ่งขาดหายไป ถึงแม้จะเสนอรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อ 9, 16, 18 และ 24 ค่า $p > 0.80$ จัดเป็นข้อสอบที่ง่ายมาก ส่วนข้อ 26 ค่า $p < 0.20$ ก็จัดเป็นข้อสอบที่ยากเกินไปจึงตัดออก และมีข้อที่ทดแทนซึ่งวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อเดียวกัน ดังต่อไปนี้

ข้อที่		รูปประสงค์เชิงพีชคณิต	แบบสอบ
เดิม	แก้เป็น		
9	—	แยกตัวประกอบพหุนามในเมียบโดย ใช้กฎการกระจายตัวกรีสอง	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม ในเมียบ $6xy - 4y^2$?
—	10	แยกตัวประกอบพหุนามในเมียบโดย ใช้กฎการกระจายตัวกรีสอง	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม ในเมียบ $x^2y - 3x^3$?
16	—	แยกตัวประกอบพหุนามในเมียบซึ่งอยู่ ในรูป $x^2 + bx + c$	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม ในเมียบ $16 - 10x + x^2$?
—	17	เช่นเดียวกัน	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม ในเมียบ $22 - 9x - x^2$?
18	—	แยกตัวประกอบพหุนามในเมียบซึ่งอยู่ ในรูป $ax^2 + bx + c$	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม ในเมียบ $9x^2 - 24x + 16$?
—	21	บอกรูปพหุนามในเมียบตัวที่เป็นกำลัง สองสมบูรณ์	พหุนามในเมียบข้อใดที่เป็นกำลัง สองสมบูรณ์ ก. $1 - 2r + r^2$ ข. $4r^2 - 9q^2$ ค. $9 + 50r + 25r^2$ ง. $r^2 - 10r + 16$ จ. $36r^2 + 60r + 9$

24	-	หาตัวสุดท้ายของพหุนาม กำลังสองสมบูรณ์	ข้อใดเป็นตัวสุดท้ายของพหุนาม โนเมียล $(a + bc)^2$?
-	22	หาผลคูณของไบโนเมียลตัว เดียวกัน	ข้อใดเป็นผลคูณของไบโนเมียล $(ax - by)^2$?
26	-	แยกตัวประกอบพหุนามโดย ใช้สูตรผลบวกกำลังสาม และ หาผลคูณของไบโนเมียล	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม โนเมียล $(2 + r)^3 + (1 - r)^3$?
-	25	แยกตัวประกอบพหุนามโดย ใช้สูตรผลต่างกำลังสาม	ข้อใดเป็นตัวประกอบของพหุนาม โนเมียล $27x^3 - 8y^3$?
-	22	หาผลคูณของไบโนเมียลกับไทรโน เมียลตัวเดียวกัน	

1.2 เหตุผลอีกประการหนึ่งก็คือ เวลา แบบสอบที่นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 100 คนนี้ นักเรียนใช้เวลาอย่างเต็มที่ในการตอบคำถาม 1 ชั่วโมง 10 นาที ผู้วิจัยเห็นว่า ถ้าลดจำนวนแบบสอบลงไป 5 ข้อ นักเรียนจะได้ใช้ความคิดอย่างเต็มที่ ไม่ต้องพะวงกับจำนวนแบบสอบที่มากมายและหมกมุ่นกับแบบสอบนานเกินไป จนเกิดความล่าช้าและเบื่อที่จะใช้ความคิด

เมื่อพิจารณาแล้วดังนี้ ผู้วิจัยจึงได้ตัดข้อสอบออก 5 ข้อ คงเหลือแบบสอบที่มีความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และใช้เวลาพอเหมาะ ไว้เพียง 25 ข้อ

๕. การวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพทางการเรียนจากชุดการสอน

ในการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพทางการเรียนจากชุดการสอน ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นการทดลอง 1 คน เป็นการทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องที่ควรแก้ไข ใช้เวลาในการทดลอง 6 วัน ตั้งแต่เวลา 13.00-15.00 น. ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนนทรีวิทยา จำนวน 1 คน ผลการทดลองชุดการสอนตามเอกภพภาพมีประสิทธิภาพ 86.66/84.00 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 4 หน้า 90) ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาแก้ไขปรับปรุงชุดการสอนตามเอกภพภาพในสิ่งต่อไปนี้

1. ภาษาที่ใช้ คำสั่ง ตลอดจนคำอธิบายในบางหน่วย
2. จักรูปกระดาษคำตอบแสดงผลของการทดลองเสียใหม่
3. ปรับปรุงอุปกรณ์
4. เพิ่มรายละเอียดในเนื้อหา 4 หน่วย

มีรายละเอียดดังนี้

หน่วยที่ 1

1. ในกรอบที่ 7 ได้จำกัดนิยามให้แคบลงเพื่อให้ นักเรียนสามารถมองได้ชัดเจน และตรงเป้าหมายยิ่งขึ้น

กรอบเดิม :

คีกร์ของโพลีโนเมียล หมายถึง

กรอบใหม่ :

คีกร์ของโพลีโนเมียล หมายถึง คีกร์ของโมโนเมียลตัวที่มี
ในโพลีโนเมียลนั้น

2. ระหว่างกรอบที่ 8 และกรอบที่ 9 ได้เพิ่มเข้าไปอีก 1 กรอบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเน้นข้อแตกต่างระหว่างคีร์ของโมโนเมียลกับคีร์ของโพลีโนเมียล และเป็นการทบทวนความเข้าใจอีกครั้งหนึ่ง

กรอบเพิ่ม :

นักเรียนสองทบทวนอีกครั้งหนึ่ง
 คีร์ของโมโนเมียล หมายถึง ของตัวแปรทั้งหมดในโมโนเมียลนั้น
 คีร์ของโพลีโนเมียล หมายถึง คีร์ของโมโนเมียลตัวที่มี
 ในโพลีโนเมียลนั้น

3. ระหว่างกรอบที่ 14 และกรอบที่ 15 ได้เพิ่มเข้าไปอีก 1 กรอบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเน้นข้อแตกต่างระหว่างโมโนเมียลคล้ายกับโมโนเมียลไม่คล้าย และเป็นการทบทวนความเข้าใจอีกครั้งหนึ่ง

กรอบเพิ่ม :

รวบรวมความคิดอีกครั้งหนึ่ง
 โมโนเมียลคล้าย หมายถึง โมโนเมียลที่มีตัวแปร แต่
 ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
 โมโนเมียลไม่คล้าย หมายถึง โมโนเมียลที่ไม่จำเป็นต้องมี

หน่วยที่ 2

4. ในกรอบที่ 40 ได้ตัดข้อความบางตอนออก ทั้งนี้เพื่อให้เน้นย่อเกินไปและเมื่อตัดออกแล้วความเข้าใจของนักเรียนยังคงเหมือนเดิม

กรอบเดิม :

$$\begin{aligned} \text{ถ้าแยกโพลีโนเมียล } 4xy &= 2 \times 2 \times x \times y \\ &= 2x \times 2y \end{aligned}$$

กรณีนี้ $2x, 2y$ เป็นตัวประกอบของ $4xy$

$$\begin{aligned} \text{แต่ถ้าแยกโพลีโนเมียล } 4xy &= 4 \times x \times y \\ &= 4x \times y \end{aligned}$$

กรณีนี้ $4x, y$ เป็นตัวประกอบของ $4xy$

กรอบใหม่ :

$$\text{ถ้าแยกโพลีโนเมียล } 4xy = 2x \times 2y$$

กรณีนี้ $2x, 2y$ เป็นตัวประกอบของ $4xy$

$$\text{แต่ถ้าแยกโพลีโนเมียล } 4xy = 4x \times y$$

กรณีนี้ $4x, y$ เป็นตัวประกอบของ $4xy$

หน่วยที่ 3

5. ในกรอบที่ 91 ได้เขียนแสดงความสัมพันธ์ใหม่ ทั้งนี้เพราะนักเรียนมองความสัมพันธ์ที่เขียนไว้ในตอนแรกไม่ออก

กรอบเดิม :

ลองมาพิจารณาดูว่า สามารถหาโมโนเมียลตัวที่สามได้อย่างไร

$$\begin{aligned} 25x^2 + 30x + 9 &= (5x)^2 + 2(5x)(3) + (3)^2 \\ &= (5x)^2 + 2(5x)(3) + \left(\frac{30x}{10x}\right)^2 \\ &= (5x)^2 + 2(5x)(3) + \left\{\frac{2(5x)(3)}{2(5x)}\right\}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้นจะสรุปการหาโมโนเมียลตัวที่สามได้ดังนี้

โมโนเมียลตัวที่สาม = _____

กรอบใหม่ :

จากความสัมพันธ์ในกรอบข้างบน นักเรียนจะหาโมโนเมียลตัวที่สามที่จะทำ
ให้โพลีโนเมียลเป็นกำลังสองสมบูรณ์ ได้ดังนี้

$$a^2 + 2ab + \dots? = (a)^2 + 2(a)(b) + \dots = (a + b)^2$$

โมโนเมียลตัวที่สาม มีความสัมพันธ์อย่างไรกับโมโนเมียลตัวกลางและตัว
แรก

โมโนเมียลตัวที่สาม = _____

หน่วยที่ 5

6. ในกรอบที่ 144 และ 145 เนื่องจากนักเรียนเรียนรู้พื้นฐานการหารากจำนวนกำลัง
ที่สองมาน้อย จึงไม่สามารถหารากกำลังที่สองของจำนวนมาก ๆ เช่น 529, $\frac{3481}{256}$ ได้ จึง
แก้ไขใหม่โดยการเปลี่ยนโจทย์เพื่อให้นักเรียนหารากกำลังที่สองของจำนวนน้อย ๆ

กรอบเดิม :

จงแยกตัวประกอบของ $2x^2 - 41x - 144 = \dots$

จงแยกตัวประกอบของ $8x^2 + 53x - 21 = \dots$

กรอบใหม่ :

จงแยกตัวประกอบของ $5x^2 - 2x - 7 = \dots$

จงแยกตัวประกอบของ $6x^2 - 13x + 6 = \dots$

ขั้นการทดลอง 5 คน เป็นการทดลองเพื่อปรับปรุงแก้ไขชุดการสอนตามเอกัตภาพ
อีกครั้งหนึ่งก่อนนำออกไปใช้กับการทดลองภาคสนาม ใช้เวลาในการทดลอง 8 วัน กลุ่มตัว-
อย่างที่ใช้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนนทรีวิทยา จำนวน 5 คน ผลการทดลอง

ลองปรากฏว่า ชุดการสอนตามเอกัตภาพมีประสิทธิภาพ 89.33/87.20 (ดูรายละเอียดจาก ตารางที่ 5 หน้า 91) ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงชุดการสอนตามเอกัตภาพอีกครั้งหนึ่ง

1. เขียนคำแนะนำในมัตกรกิจกรรมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ปรับปรุงอุปกรณ์
3. ขยายและแก้ไขบทเรียนแบบโปรแกรม 3 หน่วย

มีรายละเอียดดังนี้

หน่วยที่ 1

1. ในกรอบที่ 7 ได้แก้ไขใหม่โดยตัดข้อความบางตอนออก ทั้งนี้เพื่อเป็นการเน้น โมโนเมียลที่มีดีกรีสูงสุด ซึ่งนักเรียนจะต้องหาคำด้วยตนเอง

กรอบเดิม :

โพลีโนเมียล	โมโนเมียลที่มีดีกรีสูงสุด		ดีกรีของโพลีโนเมียล
	คือ	ดีกรี	
1. $y^2 + 1$	y^2	2	2
2. $4q^2 + 3q - 2$	$4q^2$	2	2
3. $6b^2cd^2 - bcd$	$6b^2cd^2$	5	5
4. $x^3y^4 + 92x^2y^2 + x^2y^3$	x^3y^4	7	7
5. $41m^3 + 20mn^2 + 8n^5$	$8n^5$	5	5

กรอบใหม่ :

โพลีโนเมียล	โมโนเมียลที่มีดีกรีสูงสุด		ดีกรีของโพลีโนเมียล
	คือ	ดีกรี	
1. $y^2 + 1$			2
2. $4q^2 + 3q - 2$			2
3. $6b^2cd^2 - bcd$			5
4. $x^3y^4 + 92x^2y^2 + x^2y^3$			7
5. $41m^3 + 20mn^2 + 8n^5$			5

หน่วยที่ 3

2. ในกรอบที่ 89 การสรุปการหาโมโนเมียลตัวกลางของโพลีโนเมียลที่เป็นกำลังสองสมบูรณ์ นักเรียนไม่สามารถตอบได้ว่า

$$\text{โมโนเมียลตัวกลาง} = 2 \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวแรก}} \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวที่สาม}}$$

แต่นักเรียนจะใช้คำพูดว่า

$$\text{โมโนเมียลตัวกลาง} = 2 \times \text{ตัวประกอบตัวหนึ่งของโมโนเมียลตัวแรก} \times \text{ตัวประกอบตัวหนึ่งของโมโนเมียลตัวที่สาม}$$

นักเรียนเข้าใจได้ถูกต้อง แต่เพื่อให้นักเรียนได้ใช้คำพูดที่ถูกต้องตามความเข้าใจ จึงเขียนข้อความเพิ่มเข้าไปในกรอบคำตอบนี้

กรอบคำตอบเดิม :

$$\text{โมโนเมียลตัวกลาง} = 2 \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวแรก}} \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวที่สาม}}$$

กรอบคำตอบใหม่ :

$$\text{โมโนเมียลตัวกลาง} = 2 \times \text{ตัวประกอบตัวหนึ่งของโมโนเมียลตัวแรก} \times \text{ตัวประกอบตัวหนึ่งของโมโนเมียลตัวที่สาม}$$

นั่นคือ

$$\text{โมโนเมียลตัวกลาง} = 2 \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวแรก}} \times \sqrt{\text{โมโนเมียลตัวที่สาม}}$$

หน่วยที่ 4

3. ในกรอบที่ 99 เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความแตกต่างของรูปลักษณะโพลีโนเมียลที่เป็นผลต่างและผลบวกกำลังสามยิ่งขึ้น จึงได้ขยายออกเป็น 2 กรอบ

กรอบเดิม :

ดังนั้นโดยอาศัยสูตรผลต่างกำลังสามและผลบวกกำลังสาม จะสามารถแยกตัวประกอบโพลีโนเมียลต่อไปนี้ได้

$$m^3 - n^3 = \dots\dots\dots$$

$$x^3 + y^3 = \dots\dots\dots$$

$$p^3 - q^3 = \dots\dots\dots$$

$$b^3 + c^3 = \dots\dots\dots$$

กรอบใหม่ :

ดังนั้น โพลีโนเมียลที่อยู่ในรูปผลต่างกำลังสาม นักเรียนจะสามารถแยกตัวประกอบโพลีโนเมียลนั้นได้ทันที โดยใช้สูตรผลต่าง

$$\text{กำลังสาม } a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$m^3 - n^3 = \dots\dots\dots$$

$$p^3 - q^3 = \dots\dots\dots$$

และโพลีโนเมียลที่อยู่ในรูปผลบวกกำลังสาม นักเรียนจะสามารถ

แยกตัวประกอบโพลีโนเมียลนั้นได้ทันที โดยใช้สูตรผลบวกกำลังสาม

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2)$$

$$x^3 + y^3 = \dots\dots\dots$$

$$b^3 + c^3 = \dots\dots\dots$$

ขั้นการทดสอบภาคสนาม เป็นการทดลองขั้นสุดท้ายเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนตามเอกัตภาพชุดนี้ ใช้เวลาในการทดลอง 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 30 ตุลาคม - 8 พฤศจิกายน 2521 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนภูเก็ทวิทยาลัย จังหวัดภูเก็ต จำนวน 20 คน ผลการทดสอบภาคสนามปรากฏว่า ชุดการสอนตามเอกัตภาพมีประสิทธิภาพ 92.33/90.80 (ดูรายละเอียดจากรายที่ 6 หน้า 92) และรายละเอียดการ

วิเคราะห์จากหน้า 94)

จากผลการทดลองภาคสนาม แสดงว่า ชุดการสอนตามเอกัตภาพชุดนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนตามเอกัตภาพได้

จากผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทางการเรียนจากชุดการสอนของทั้ง 3 ชั้นการทดลอง สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การทดลอง	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนแบบฝึกหัดรวม	คะแนนสอบหลังเรียน
ชั้น 4 คน	3.00	86.66	84.00
ชั้น 5 คน	10.40	89.33	87.20
ภาคสนาม	21.20	92.33	90.80

3. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่นำมาใช้ในการวิจัย

ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งฉบับ จำนวน 25 ข้อ ในการวิจัยปรากฏว่า แบบสอบมีความเชื่อมั่น 0.61 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 7 หน้า 95 และรายละเอียดการวิเคราะห์จากหน้า 96) จะเห็นว่าค่าความเชื่อมั่นในการวิจัยลดลงไปจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างประชากรที่แท้จริง 100 คน คือ 0.86 แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้เพราะตัวอย่างประชากรคนละกลุ่ม

4. การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนจากชุดการสอน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียน จากคะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจากชุดการสอน โดยตั้งสมมุติฐานว่า คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากชุดการสอนตามเอกัตภาพชุดนี้ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01 ผลปรากฏว่า

จากการเปิดตาราง t ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01 $df = 20 - 1 = 19$
 ค่า $t = 2.58$ แต่จากผลการทดลองภาคสนาม ค่า t จำนวนได้เท่ากับ 54.83 ซึ่ง
 มากกว่า 2.58 จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากชุดการสอน
 ตามเอกัตภาพนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 แสดงว่า การเรียน
 จากชุดการสอนตามเอกัตภาพเรื่อง "การแยกตัวประกอบโพลีโนเมียล" นี้ทำให้นักเรียนมีความ
 รู้เพิ่มขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

1. เนื่องจากนักเรียนเคยชินกับการสอนตามปกติ เมื่อเปลี่ยนมาเป็นการศึกษาค้น
 ตนเองในบางครั้งจึงขาดการสังเกต และมองข้ามจุดสำคัญของเนื้อหาบางตอนไป
2. การทดลองอยู่ในช่วงเวลาจำกัด ดังนั้น เมื่อจบแต่ละหน่วยก็ต้องเรียนหน่วย
 ถัดไปเรื่อย ๆ จึงไม่มีเวลาพอที่จะกลับไปรวบรวมความคิดหรือทบทวนสูตรต่าง ๆ ที่จบภายใน
 หน่วยนั้น
3. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ยังไม่มีพื้นฐานความรู้เกี่ยว
 กับรากกำลังสองของจำนวนเพียงพอ ทำให้การเรียนในหน่วยที่ 3 ประสบปัญหา
4. การทดลองในการวิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างเพียง 20 คน จึงทำให้ค่าความเชื่อมั่น
 ลดลงเป็น 0.61 อย่างไรก็ตามก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้