

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถใน
การเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญาานิพนธ์
ของ
จรรุวรรณ หรั่งเจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
พฤษภาคม 2552

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถใน
การเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญาโท
ของ
จรรุวรรณ หรัยเจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถใน
การเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
จรรุวรรณ หรัยเจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
พฤษภาคม 2552

จารุวรรณ ห่อรายเจริญ. (2552). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎี
พหุปัญญาที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล,
รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย.

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิด
สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาและศึกษาความ
สัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียน
วัดเวฬุวนาราม(สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา
ดอนเมือง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวนนักเรียน 38 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่ม
ตัวอย่างแบบกลุ่ม (Clustered Random Sampling) เวลาที่ใช้ในการทดลอง 20 ชั่วโมง แบบแผน
การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน (One-Short Case Study)
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์, แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ t - test
for one sample และสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

ผลจากการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มี
ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .01 และเมื่อแยกรายด้านพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์
สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ, การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น
ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 และความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงสูงกว่าเกณฑ์
ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความคิด
สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
3. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
มีความสัมพันธ์กันอย่างไรก็ตามไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

EFFECT OF USING MULTIPLE INTELLIGENCE THEORY ACTIVITY IN
MATHEMATICS LEARNING ON MATHEMATICAL CONNECTION
ABILITY AND CREATIVE THINKING OF
MATHAYOMSUKSA III STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
JARUWAN RAIJAROEN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education degree in Secondary Education
at Srinakharinwirot University

May 2009

Jaruwan Rajjaroen. (2009). **Effects of Using Multiple Intelligence Theory Activity in Mathematics Learning on Mathematical Connection Ability and Creative Thinking of Mathayomsuksa III Students**. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisory Committee : Assist. Prof. Chaisak Leelajaruskul , Assoc. Prof. Somson Wongyounoi.

The purposes of this research were to compare students' mathematical connection ability and creative thinking by using Multiple Intelligence Theory Activity in mathematics learning on mathematical process skills of Mathayomsuksa III students and study relationship between mathematical connection ability and creative thinking.

The subjects of this study were 38 of Mathayomsuksa III students in the second semester of 2008 academics year from Watweluwaram(Sinsubanusorn) school in the Burapha cluster under Bangkok Metropolitan Administrator. They were selected through cluster random sampling technique. The experiment lasted for 20 hours. The One – Short Case Study design was used for this study. The research instruments were the lesson plan of Multiple Intelligence theory in mathematics learning, mathematical connection ability test and mathematical creative thinking test. The data were analyzed by using t – test for one sample and Pearson simple correlation.

The results of the research shown that :

1. The mathematical connection ability of Mathayomsuksa III students after being taught by using Multiple Intelligence Theory Activity were statistically passed at least 65 percent criterion at .01 level of significance. On the other hand, the mathematical connection ability among mathematical ideas passed at least 65 percent criterion but did not significance , the mathematical connection ability in other disciplines did not passed at least 65 percent criterion. However, the mathematical connection ability in real-world were statistically passed at least 65 percent criterion at .01 level of significance.

2. The mathematical creative thinking of Mathayomsuksa III students after being taught by using Multiple Intelligence Theory Activity was insignificant.

3. The simple correlation between mathematical connection and mathematical creative thinking was insignificant.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ของ

จรรุวรรณ หรัยเจริญ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล)

(อาจารย์ประสาท สอ้านวงศ์)

..... กรรมการ

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศวตมาลย์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษา
แนะแนวทางในการทำวิจัยจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา
ปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และ
กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม อาจารย์ประสาธ สอ้านวงศ์ ประธานกรรมการสอบปากเปล่า
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศรษฐมาลย์ กรรมการสอบปากเปล่า ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่า
เพื่อให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยนี้แก่ผู้วิจัยเป็น
อย่างดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ประสาธ สอ้านวงศ์ ดร.มนัส บุญประกอบ อาจารย์
ยุทธนา ปฐมวรชาติ อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พาสนา จุฬรัตน์ และ
อาจารย์วัลลิการ์ กุลชะโร ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้ง
นี้ โดยได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม(สินทรัพย์อนุสรณ์)และ
โรงเรียนประชาอุทิศ(จันทาอนุสรณ์) และคณะครู อาจารย์โรงเรียนวัดเวฬุวนาราม(สินทรัพย์
อนุสรณ์)และโรงเรียนประชาอุทิศ(จันทาอนุสรณ์)ทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวก เป็นกำลังใจ
ให้ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนให้ผู้ทำวิจัยทำการวิจัยให้ครั้งนี้จนสำเร็จ และขอขอบใจ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดเวฬุวนาราม(สินทรัพย์อนุสรณ์)และโรงเรียนประชาอุทิศ
(จันทาอนุสรณ์)ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณน้า สมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ผู้เป็นกำลังใจและให้
การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้
ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดเวลา ผู้วิจัยจักระลึกถึงพระคุณของทุกท่าน
ตลอดไป

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา
และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

จารุวรรณ หรัยเจริญ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบและแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมติฐานของการวิจัย.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา.....	11
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	36
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	47
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	65
3 วิธีดำเนินการวิจัย	75
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	75
ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	76
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	78
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	88
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา.....	94

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา.....	96
ผลสัมพัทธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	97
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	98
สมมติฐานของการวิจัย.....	98
วิธีการดำเนินการของการวิจัย.....	98
สรุปผลการวิจัย.....	100
อภิปรายผล.....	101
ข้อสังเกตจากการวิจัย.....	104
ข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม.....	107
ภาคผนวก.....	121
ภาคผนวก ก.....	122
ภาคผนวก ข.....	143
ภาคผนวก ค.....	164
ภาคผนวก ง.....	199
ภาคผนวก จ.....	212
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	214

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	สรุปวิธีการสอนโดยการใช้ทฤษฎีพหุปัญญา 8 ด้าน.....	28
2	แนวทางการตอบคำถามวัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง	82
3	การให้คะแนนความคิดริเริ่ม.....	85
4	แบบแผนการวิจัย.....	88
5	ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับ เกณฑ์ร้อยละ 65.....	95
6	ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65.....	96
7	ผลการวิเคราะห์การศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	97
8	ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์.....	123
9	ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์.....	124
10	ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถใน การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	125
11	ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	127
12	ค่า Σx_i , ค่า Σx_i^2 ค่า s_i^2 รายชื่อของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	129
13	ค่า Σx_i และ ค่า Σx_i^2 ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	129
14	ค่า ΣX_i , ค่า Σx_i^2 ค่า s_i^2 รายชื่อของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	133

ตาราง (ต่อ)

หน้า

15	ค่า Σx_i และ ค่า Σx_i^2 ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	133
16	ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์.....	137
17	ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	140
18	คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้ จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3.....	144
19	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 ความ สามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์.....	147
20	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ความ สามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จาก แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย.....	149
21	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 ความ สามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิด หลายๆวิธีให้ได้มากที่สุดซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบ อัตนัย.....	151
22	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 ความ สามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจาก สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบ อัตนัย.....	153
23	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 5 ความ สามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจาก สถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิด สร้างสรรค์แบบอัตนัย.....	155
24	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 6 ความ สามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้ ซึ่งวัดได้ จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย.....	157

ตาราง (ต่อ)

หน้า

25	คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แยกตามเกณฑ์การให้ คะแนนและรวมทุกด้าน หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	159
26	เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	161

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 คำถามในการวางแผนจัดกิจกรรมพหุปัญญา.....	30
2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา.....	33
3 แบบรูปที่กำหนดให้เพื่อการตอบคำถาม.....	41
4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขวดน้ำอัดลมกับกำไร.....	44
5 การแทนค่า x และค่า y จากจุดยอดมุมของพื้นที่ภายใต้เส้นตัด.....	44
6 องค์ประกอบสำคัญที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์.....	50
7 การใช้การเดาและตรวจสอบโจทย์การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวน.....	53
8 ตัวอย่างการลากเส้นตรงเชื่อมต่อดจุดเพื่อให้เกิดรูปปิดที่มีพื้นที่ 2 ตารางหน่วย.....	64
9 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	77

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญมากวิชาหนึ่ง ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนในหลายๆ วิชา เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ ฯลฯ และยังเป็นพื้นฐานสำคัญที่ก่อให้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังที่สมาคมนักคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics: NCTM. 2000: 4) ได้กล่าวว่า การคิด การแก้ปัญหา ความเข้าใจและความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันและในการทำงาน การรู้คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมากๆ จะทำให้การใช้ชีวิตประจำวันดำเนินไปอย่างราบรื่น รاجารามาน (Rajaraman. 2005: 360) ได้กล่าวว่า สิ่งหนึ่งที่มีเสน่ห์ที่สุดในการพัฒนาปัญญาของมนุษย์ก็คือคณิตศาสตร์ ที่ไม่เพียงเป็นแค่ศาสตร์หนึ่งในการศึกษาแต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่มีพลังสำหรับความสามารถในการเข้าใจโลกภายนอกและดำรงชีวิตได้ และสมาคมนักคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 5) ยังได้กล่าวอีกว่า การมีความสามารถทางคณิตศาสตร์จะเป็นประตูเปิดไปสู่ความสำเร็จในอนาคต การขาดความสามารถทางคณิตศาสตร์ก็ถือได้ว่าประตูนั้นถูกปิดไปด้วย

ถึงแม้วิชาคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญเพียงใด ก็ยังคงเป็นวิชาที่นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการเรียน ต่างมีความเห็นว่าเป็นวิชาที่ยาก มีความเป็นนามธรรมสูง และที่สำคัญนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงสงสัยอยู่เสมอๆว่า “เรียนคณิตศาสตร์ไปทำไม?” “นำคณิตศาสตร์ไปทำอะไรได้บ้าง?” เป็นต้น เช่นเดียวกับที่จูลิน ลีเคสิริ(2551: 35) กล่าวถึงการที่มีคนเคยพูดว่า “ไม่เห็นด้วยกับการบังคับให้เรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาบังคับ และไม่เห็นว่าคณิตศาสตร์จะจำเป็นในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างไร” นั่นคือ นักเรียนยังไม่สามารถนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆและในชีวิตประจำวันได้ ในขณะที่ฮอปกินส์ (Hopkins. 2008: Online.) ได้กล่าวไว้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าจะนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในวิชาอื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ศิลปะ และดนตรีได้อย่างไร การใช้ปัญหาที่เป็นปัญหาในโลกจริงจะทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นได้ว่าจะนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร แทนที่จะถามว่า “จะเรียนคณิตศาสตร์ไปเพื่ออะไร” ซึ่งการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ถือเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้นๆในการปฏิรูปคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา และนอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่ถือได้ว่าเป็นหัวใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อีกประการหนึ่งคือการมีความคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แปลกใหม่ที่ไม่ใช่เพียงแค่การแก้ปัญหาซึ่งให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง หรือวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียวเพียงเท่านั้น ดังที่ ชาน (Chan. 2007: 129-146) ได้พบคำถามของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เช่น “คำตอบนี้ถูกไหม?” และ “ใช้วิธีนี้ถูกไหม?” ซึ่งเกิดจากวิธีการสอนของครูเป็นสำคัญ ทำให้เด็ก

ขาดความเชื่อมั่นในตัวเองและต้องการแก้ปัญหาที่ให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะทำให้เด็กถูกจำกัดความคิดสร้างสรรค์และยังทำให้ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หยุดชะงักอีกด้วย ดังที่เพโคเนน (Pehkonen. 1999: 45) ได้กล่าวไว้ว่า “ผู้สอนมักจะเลยหรือมองข้ามการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีความเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่พัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ยากและไม่สำคัญเท่าที่ควรในวิชาคณิตศาสตร์” และเซฟฟิลด์ (Sheffield. 2006: Online) ได้กล่าวว่า “วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สามารถจะพัฒนาสมรรถภาพของนักเรียนให้เป็นนักคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งโรงเรียนในสหรัฐอเมริกาจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงความคิดและวิธีการสอนแบบดั้งเดิมของคุณ ที่ทำให้นักเรียนหลีกเลี่ยงความก้าวหน้าทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแท้จริงแล้วการใช้เทคนิคความคิดสร้างสรรค์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการพัฒนาความชอบในการเรียนรู้แม้กระทั่งในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เอง”

กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญาเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ได้กิจกรรมที่หลากหลายและมีการเชื่อมโยงเนื้อหาในวิชาต่างๆกับความสามารถพิเศษทางพหุปัญญา โดยเฮวาร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันได้เสนอความสามารถพิเศษไว้ 9 ด้าน แต่ในปัจจุบันยังได้รับการยอมรับเพียง 8 ด้าน คือ 1) ความสามารถด้านภาษา (Linguistic Intelligence) 2) ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ (Logical-Mathematical Intelligence) 3) ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ (Visual/Spatial Intelligence) 4) ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว (Bodily/Kinesthetic Intelligence) 5) ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ (Musical/Rhythmic Intelligence) 6) ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น (Interpersonal Intelligence) 7) ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง (Intrapersonal Intelligence) 8) ความสามารถด้านธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) 9) ความสามารถด้านจิตวิญญาณและการดำรงอยู่ของชีวิต (Existential Intelligence) (Hunter. 2006: Online) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (กรมสามัญศึกษา. 2543: 13) ที่ว่า “...ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ...” การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิชาต่างๆ โดยประยุกต์ทฤษฎีพหุปัญญา เป็นการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนและจุดมุ่งหมายสูงสุด คือ ให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเองตามรูปแบบที่เขาถนัดได้ (สมลักษณ์ วิจบ. 2548: 2) ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ชี้ให้เห็นถึงความหลากหลายทางปัญญาของมนุษย์ซึ่งมีหลายด้านหลายมุม แต่ละด้านก็มีอิสระในการพัฒนาตัวเองให้เจริญงอกงามในขณะเดียวกันก็มีการบูรณาการแต่ละด้านเข้าด้วยกัน แสดงออกเป็นเอกลักษณ์ทางปัญญาของแต่ละคน คนหนึ่งอาจเก่งเพียงด้านเดียวหรือเก่งหลายด้าน โดยแต่ละคนมักมีปัญหาด้านใดด้านหนึ่งโดดเด่นกว่าเสมอ นับเป็นทฤษฎีที่ช่วยจุดประกายความหวัง เปิดกระบวนทัศน์ใหม่ในการศึกษา ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งในกลุ่มเด็กปกติ เด็กที่มีความบกพร่อง และเด็กที่มีความสามารถพิเศษ (ทวีศักดิ์ สิริรัตน์เรขา. 2549: 64) วิธีที่ดีที่สุดในการสอนที่หลากหลาย คือ การสอนโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ ความสามารถแต่ละด้านต่างก็มีนิยามที่กว้าง หลากหลายและมี

การปรับเปลี่ยนได้เมื่อนามาปรับใช้กับหลักสูตรที่มีอยู่ (McCook. 2007: 25) ทฤษฎีพหุปัญญาเป็นทฤษฎีที่ทำให้ทราบว่าแท้ที่จริงแล้วความสามารถหรือความเก่งของผู้เรียนมีหลากหลาย ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล (ยุทธนา ปฐมวราชาติ. 2546: 39-47) โดยครูต้องออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ซึ่งครูจะเอาวิธีของปัญญาทั้งแปดด้านรวมเข้าอย่างสร้างสรรค์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจในบทเรียนและแสดงออกอย่างเป็นรูปธรรม (อารี สัตนหวิ. 2543: 49-50)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น จะเห็นว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาและการพัฒนาคุณภาพชีวิต และยังช่วยให้มนุษย์สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและสร้างสรรค์ผลงานใหม่ๆ เพื่อดำรงชีวิตและพัฒนาสังคมได้ กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาเป็นกิจกรรมการสอนแบบหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเลือกสาระการเรียนรู้เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าเนื้อหาดังกล่าวเป็นเรื่องที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้การสอนคณิตศาสตร์เป็นรูปธรรมและมีความหมายมากขึ้น ผลวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ได้นำไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้มีคุณภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญากับเกณฑ์
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญากับเกณฑ์
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีความสำคัญคือ จะได้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และยังเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาเพื่อไปใช้กับเนื้อหา

และระดับชั้นอื่นๆในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง ซึ่งมีจำนวน 2 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 79 คน โดยแบ่งเป็นห้องเรียนละ 39 คน และ 40 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Clustered Random Sampling) จากนักเรียนทั้งหมด 2 ห้องเรียน แล้วจับสลากเลือกมา 1 ห้องเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ช่วงชั้นที่ 3 สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่มที่ 2 เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ประวัตินักคณิตศาสตร์	1 คาบ
การวัด : ดวงจันทร์น่ารู้	1 คาบ
อัตราส่วน : คณิตศาสตร์กับดนตรี	1 คาบ
เรขาคณิต : ลายผ้ารักโลก	1 คาบ
ตรีโกณมิติ : อยากรู้จัง เธอสูงเท่าไร?	3 คาบ
การเก็บรวบรวมข้อมูล : ตกตึก	2 คาบ
การเก็บรวบรวมข้อมูล : รองเท้ากับความสูง	1 คาบ
Tessellations	1 คาบ
ปริมาตร : ระวังสินค้า	1 คาบ
จำนวนและการดำเนินการ : แผลดสี	1 คาบ
แฟรกทัล : ศิลปะคณิตศาสตร์	1 คาบ
นิทานและเพลง	2 คาบ

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ใช้เวลาในการทดลอง 20 คาบ คาบละ 60 นาที โดยทดลองสอน 16 คาบ และทดสอบหลังเรียน 4 คาบ โดยแบ่งเป็นทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2 คาบ และทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 2 คาบ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่
 - 1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่
 - 2.1 ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการเชื่อมโยงจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และทฤษฎีต่างๆทางคณิตศาสตร์กับความสามารถทั้ง 8 ด้านของทฤษฎีพหุปัญญา ดังนี้

1. ความสามารถด้านภาษา (Linguistic Intelligence) คือ ความสามารถในการใช้ทักษะทางภาษาหรือคำพูดในการพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียน การเขียนบรรยายขั้นตอนการปฏิบัติงาน การอ่านและตีความปัญหา

2. ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ (Logical-Mathematical Intelligence) คือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นตรรกะ การวิเคราะห์แบบรูป การใช้ตัวเลข และการใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันรวมถึงการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์

3. ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ (Visual/Spatial Intelligence) คือ ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดโดยการวาดภาพ ประดิษฐ์รูปทรงต่างๆ การระบายสี และการจินตนาการต่างๆ

4. ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว (Bodily/Kinesthetic Intelligence) คือ ความสามารถในการใช้ร่างกายเพื่อแสดงความคิด ความรู้สึก และการสร้างสรรค์ผลงานต่างๆ

5. ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ (Musical/Rhythmic Intelligence) คือ ความสามารถในการแสดงดนตรีและการร้องเพลง มีความสนใจในเรื่องจังหวะ ทำนอง และระดับเสียง

6. ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น (Interpersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจและตอบสนองต่ออารมณ์ความรู้สึกของผู้อื่น โดยการปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และการปฏิบัติต่อผู้อื่นอย่างเหมาะสม

7. ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง (Intrapersonal Intelligence) คือ ความสามารถ

ในการเข้าใจตนเอง และรับรู้ถึงอารมณ์ ความรู้สึก ความเข้มแข็งและจุดมุ่งหมายของตนเอง โดยการเลือกทำกิจกรรมที่ตนเองถนัดและเขียนบรรยายความรู้สึกต่อผลงานของตนเอง

8. ความสามารถด้านธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจธรรมชาติ และรู้จักธรรมชาติเป็นรูปทรงต่างๆทางเรขาคณิต

โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้วิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ สร้างองค์ความรู้ใหม่และนำความสามารถเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมที่ปรับปรุงจากรูปแบบการสอนของเดวิด ลาเซียร์ (David Lazear) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่างๆ เป็นการกระตุ้นเตรียมความสามารถเพื่อให้เกิดความพร้อมที่จะดำเนินการขั้นต่อไป เช่น ถ้าต้องการกระตุ้นความสามารถด้านดนตรี ก็อาจจะให้เด็ก ร้องเพลงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่กำลังจะเรียนหรือทบทวนเนื้อหาที่เรียนมาแล้ว

ขั้นที่ 2 ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่างๆ เป็นการพัฒนาและนำความสามารถในด้านต่างๆไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ โดยครูจะต้องออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถให้ครบทั้ง 8 ด้านหรือให้มากที่สุด โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นการถ่ายโอนความรู้ เป็นการนำความรู้ต่างๆไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 4 ขั้นการนำเสนอผลงาน เป็นการนำเสนอผลงานของนักเรียนต่อครูและเพื่อนร่วมชั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการวัดประเมินผล ครูและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อผลงาน และการปฏิบัติกิจกรรม

2. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความคิดรวบยอด กระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ มาใช้วิเคราะห์เนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยแบ่งออกเป็น

2.1 การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในเรื่องต่างๆมาช่วยแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้

2.2 การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น คือ การนำเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในวิชาอื่นๆที่นอกเหนือจากวิชาคณิตศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

2.3 การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring Rubric)

0 คะแนน	ไม่มีการเชื่อมโยงเลย
1 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ไม่ชัดเจนและได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
2 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ได้เพียงบางส่วนและอธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง
3 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายข้อสรุปได้บางส่วน
4 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน แปลกใหม่ อันเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การคิดและพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือริเริ่มแนวทางใหม่ๆ ให้แปลกไปจากเดิม โดยความคิดสร้างสรรค์นี้ต้องมีประโยชน์และมีคุณค่าต่อตนเองและสังคม ซึ่งใช้เกณฑ์ในการวัดโดยปรับปรุงจากแบบทดสอบของบาลกา(Balka) ดังนี้

1. วัดความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
2. วัดความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
3. วัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายๆวิธีให้ได้มากที่สุด
4. วัดความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
5. วัดความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์
6. วัดความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้ โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยมีแนวทางการตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่อง ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่จำกัดให้คะแนนจากจำนวนคำตอบที่ตอบถูกต้องตามเงื่อนไข โดยให้คำตอบข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบซ้ำจะไม่ได้คะแนนในข้อที่คำตอบซ้ำ

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้หลายกลุ่ม และหลายแนวทางหรือพิจารณาทิศทางของคำตอบและจัดกลุ่มคำตอบแล้วให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยพิจารณาจากความแปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดของผู้อื่นที่ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 1 ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบได้ จัดว่ามีความคิดริเริ่มมากที่สุด แล้วนำจำนวนคำตอบที่ซ้ำกันของคำตอบทั้งหมดที่ได้มาคิดคะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความคิดในการแก้ปัญหาจนสามารถสร้างสรรค์ผลงานได้สำเร็จ โดยให้คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนน

4. เกณฑ์ หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ได้จากคะแนนสอบหลังเรียนแล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ โดยที่ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ร้อยละ 65 ขึ้นไปของคะแนนรวม ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2545 : 126)

คะแนนร้อยละ 80 – 100 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีมาก

คะแนนร้อยละ 70 – 79 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี

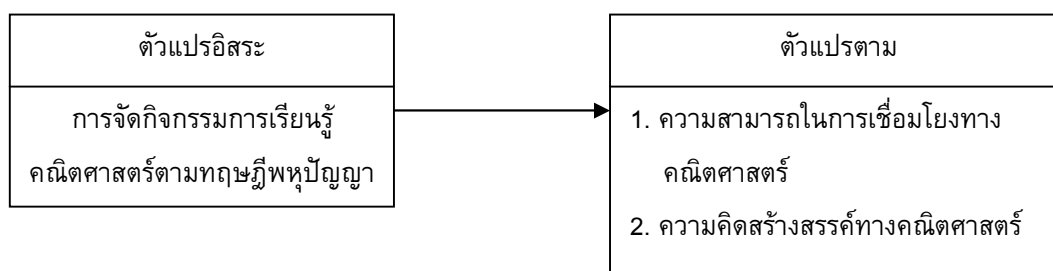
คะแนนร้อยละ 60 – 69 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนร้อยละ 50 – 59 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับพอใช้

คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต้อง

ปรับปรุง

กรอบและแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65
3. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากตำรา เอกสาร หนังสือและแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ดังจะเสนอ ดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา
 - 1.1 ความหมายและแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีพหุปัญญา
 - 1.2 องค์ประกอบของทฤษฎีพหุปัญญา
 - 1.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางพหุปัญญา
 - 1.4 การใช้ความสามารถในแต่ละด้านไปช่วยพัฒนาความสามารถในด้านอื่น ๆ
 - 1.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 มาตรฐานของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ
 - 2.4 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 3.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
 - 3.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์
 - 3.4 แนวทางการพัฒนาและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.5 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา
 - 4.1.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 4.1.2 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 4.2.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 4.2.2 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 4.3.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 4.3.2 งานวิจัยในประเทศ

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา

1.1 ความหมายและแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีพหุปัญญา

เมื่อปี ค.ศ.1904 นักจิตวิทยาชาวฝรั่งเศสชื่อ อัลเฟรด บิเนท์และคณะ ได้พัฒนา เครื่องมือสำหรับวัดผู้เรียนประถมศึกษาที่มีความเสี่ยงที่จะเป็นผู้เรียนสอบตก เพื่อหาทางช่วยเหลือ แก้ไขจากการพัฒนาเครื่องมือวัดนี้ทำให้เกิดแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาขึ้นเป็นครั้งแรกของโลก หลายปีต่อมาสหรัฐอเมริกาได้นำแบบทดสอบนี้ไปใช้และได้สร้างแบบทดสอบเพิ่มเติมขึ้นแล้วนำไป ใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังเป็นที่รู้จักกันในปัจจุบันนี้ว่า แบบทดสอบวัดไอคิว (IQ) (พีระ รัตนวิจิตร; และคนอื่นๆ. 2544: 2)

ต่อมาในปี 1983 นักจิตวิทยาชาวอเมริกันแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ชื่อ เฮวาร์ด การ์ดเนอร์(Howard Gardner) ได้กล่าวในหนังสือ Frame of mind (Gardner. 1983: 3-11) ว่าเรา ตีความหมายของคำว่า เชาว์ปัญญาหรือสติปัญญาแคบไป หลายๆโรงเรียนมักทำการทดสอบผู้ที่ จะสมัครเข้ามาเรียนในโรงเรียนของตนด้วยการทดสอบไอคิว (บีเชเนอร์, ลินเน.2545: 4) ซึ่งการ ทดสอบไอคิวนั้นจะทำการทดสอบและวัดความสามารถทางด้านภาษาและคณิตศาสตร์ของนักเรียน เป็นหลัก ในขณะที่ความสามารถของนักเรียนนั้นสามารถมองได้ในรูปแบบอื่นๆอีกหลายรูปแบบ เขาจึงได้ตั้งทฤษฎี Theory of Multiple Intelligences (M.I. Theory) ขึ้น ซึ่งกล่าวว่า ความ สามารถทางเชาว์ปัญญาของมนุษย์นั้นหมายถึง

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นปัญหาที่แท้จริงหรือเป็นอุปสรรคที่ได้เผชิญ
2. ความสามารถในการค้นพบหรือสร้างสรรค์ผลงานที่มีประสิทธิผลที่อยู่บนพื้นฐาน

ของการพัฒนาทักษะและสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตามวัฒนธรรมและสภาพ แวดล้อมที่แตกต่างกัน(Gardner. 1983: 60-61)

และยังมีผู้ให้ความหมายของพหุปัญญาไว้อีกหลายท่าน ดังนี้

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2550: 35) ได้กล่าวไว้ว่า พหุปัญญาเป็นความสามารถทาง ปัญญาที่บ่งบอกศักยภาพทางกายและสมองของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาที่สามารถสร้างสรรค์ ผลผลิตจากความสามารถด้านนั้นๆได้อย่างโดดเด่น

พีระ รัตนวิจิตร และคณะ (2544: 2) ได้กล่าวไว้ว่า พหุปัญญา หมายถึง ศักยภาพ ความสามารถของมนุษย์ในการแก้ปัญหาหรือออกแบบงานและผลงานชนิดต่างๆในสถานการณ์ ธรรมชาติ

จึงกล่าวสรุปได้ว่า พหุปัญญา หมายถึง ความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ที่ แสดงออกมาในลักษณะที่เป็นความสามารถการคิดแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงานหรือองค์ความรู้ ใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพ มีคุณค่าต่อตนเองและเป็นที่ยอมรับของสังคม

1.2 องค์ประกอบของทฤษฎีพหุปัญญา

ในปี ค.ศ. 1983 การ์ดเนอร์ ได้จำแนกความสามารถพิเศษหรือปัญญาของมนุษย์ไว้ 7 ด้าน ต่อมาในปี ค.ศ. 1997 ได้เพิ่มปัญญา ในด้านที่ 8 ขึ้นมา (แซปแมน แคโรลีน. 2544: 3.) และอีกสองปีต่อมาก็ได้มีปัญญาในด้านที่ 9 เกิดขึ้น (Plamberg, Rolf. 2006: Online; citing Gardner. 1999: Unpaged) ดังนี้

1. ความสามารถด้านวาจา/ภาษา (Verbal/Linguistic Intelligence) ความสามารถพิเศษด้านนี้จะเกี่ยวข้องกับการใช้ภาษา บุคคลผู้มีความสามารถพิเศษนี้จะมีทักษะความสามารถในการใช้และเล่นกับคำ ผู้มีความสามารถพิเศษด้านภาษาในขั้นสูง จะสามารถสื่อสารด้วยการฟัง พูด อ่าน เขียน และเชื่อมโยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังตระหนักถึงหน้าที่อันหลากหลายของภาษา โดยรู้ถึงอำนาจของภาษาในการกระตุ้นอารมณ์ความรู้สึกด้วย เหล่ากวี นักเขียน นักข่าว นักพูด ทนายความ พิธีกร และนักการเมืองจะมีความสามารถพิเศษด้านนี้

2. ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ (Logical/Mathematical Intelligence) ความสามารถพิเศษด้านนี้จะเกี่ยวข้องกับการทำงานด้านตัวเลข การคำนวณ การคิดเชิงปริมาณ การคิดแบบนามธรรมรวมถึงความสามารถทั้งด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการใช้ตัวเลขและการใช้เหตุผล นักคณิตศาสตร์นั้นรักที่จะค้นคว้าและทำงานกับสิ่งที่เป็นามธรรม สนุกกับการแก้ปัญหาที่ต้องสรรหาเหตุผลมากมายมาประกอบ สำหรับนักวิทยาศาสตร์แล้ว คณิตศาสตร์เป็นเพียงเครื่องมือสำหรับสร้างต้นแบบกลไกต่างๆ ตลอดจนทฤษฎีมาอธิบายความเป็นไปในโลก นักคณิตศาสตร์ วิศวกร นักฟิสิกส์ นักดาราศาสตร์ คอมพิวเตอร์โปรแกรมเมอร์ และนักวิจัย ล้วนเป็นผู้มีทักษะด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ในระดับสูง

3. ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ (Visual/Spatial Intelligence) คือ ความสามารถที่จะเข้าใจโลกซึ่งเรามองเห็นอยู่ได้อย่างถูกต้อง มีความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างระยะ ขนาด ตำแหน่ง และการมองเห็น ผู้มีความสามารถพิเศษด้านนี้จะนำเสนอข้อมูล ทางด้านมิติให้ออกมาเป็นภาพได้และมีพรสวรรค์อันเจียบคมในการดึงภาพจากความคิดฝัน มาทำให้ภาพปรากฏ มีการสร้างแผนผังแนวคิด กรอบความคิด จินตนาการและการเขียนภาพ ศิลปินและนักออกแบบจะมีทักษะนี้ เพราะสามารถที่จะสนองตอบต่อโลกแห่งภาพและมิติ สามารถนำสิ่งเหล่านั้นมาสร้างเป็นชิ้นงานศิลปะ บุคคลในกลุ่มนี้ยังได้แก่ กลาสี วิศวกร ศัลยแพทย์ ประติมากร นักวาดแผนที่ และสถาปนิกด้วย

4. ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว (Bodily/Kinesthetic Intelligence) ความสามารถพิเศษด้านนี้จะขึ้นอยู่กับพรสวรรค์ของบุคคลในการควบคุมและการแสดงออกผ่านอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น มือและเท้า นักประดิษฐ์และนักแสดงมักจะมีความสามารถพิเศษด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหวในระดับสูง เพราะร่างกายมีบทบาทสำคัญยิ่งต่ออาชีพ บุคคลอื่นๆในกลุ่มนี้ ได้แก่ นักเต้นรำ นักกีฬา และนักเล่นกายกรรม

5. ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ (Musical/Rhythmic Intelligence) คือ

ความสามารถที่จะซึมซับและเข้าใจถึงสุนทรียทางดนตรี แยกแยะ และแสดงออก เราทุกคนล้วนมีความสามารถทางดนตรีในระดับหนึ่ง ข้อแตกต่างคือบางคนมีทักษะนี้มากกว่าผู้อื่น หากไม่คำนึงถึงความสามารถขั้นสูงแล้วทุกคนมีความสามารถเพียงพอที่จะสนุกไปกับเสียงดนตรี อันประกอบไปด้วยระดับเสียง จังหวะ และลักษณะของเสียงดนตรีที่ผิดแผกกัน ผู้มีความสามารถพิเศษด้านดนตรีสูง ได้แก่ นักร้อง นักแต่งเพลง นักดนตรี วาทยากร และผู้ที่เข้าใจลึกซึ้งและชื่นชอบในเสียงดนตรี

6. ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น (Interpersonal Intelligence)

ความสามารถพื้นฐานของคนกลุ่มนี้คือความสามารถพิเศษในการเข้าใจผู้อื่น มีพรสวรรค์ในการสังเกตและเห็นความแตกต่างในหมู่คน มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้ดีมีความสามารถในการเข้าใจ รับรู้ แยกแยะ ความแตกต่างในอารมณ์ สมมติ แรงกระตุ้น แรงจูงใจ และความรู้สึกของผู้อื่น ตัวอย่างเช่น ในระดับประถมศึกษาเด็กเล็กจะรู้จักสังเกตและไวต่ออารมณ์ความรู้สึกของผู้ใหญ่รอบข้าง ถ้าเป็นระดับสูงซับซ้อนขึ้นมา ผู้ใหญ่ที่มีทักษะนี้จะสามารถอ่านใจผู้อื่นได้ว่าที่จริงแล้วต้องการอะไร แม้ผู้นั้นจะพยายามปกปิดก็ตาม บุคคลในกลุ่มนี้ได้แก่ ผู้นำทางศาสนาและการเมือง พ่อแม่ ครู นักบำบัด และเจ้าหน้าที่แนะแนว

7. ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง (Intrapersonal Intelligence) หัวใจของ

ความสามารถพิเศษด้านนี้คือการเข้าใจความรู้สึกของตนเอง คนเหล่านี้จะเข้าใจระดับอารมณ์ของตนเองได้โดยสัญชาตญาณ โดยสามารถระบุอารมณ์นั้นได้และใช้เป็นเครื่องมือควบคุมพฤติกรรมวางแผนและชี้นำชีวิตของตน ตัวอย่างของบุคคลในกลุ่มนี้ได้แก่ นักเขียนนวนิยาย ผู้เฒ่าผู้แก่ ผู้ทรงภูมิปัญญา นักจิตวิทยา หรือนักบำบัด บุคคลเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นผู้เข้าใจความรู้สึกของตนเองได้อย่างลุ่มลึก

8. ความสามารถด้านธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) ความสามารถพิเศษด้าน

นี้ที่สำคัญ คือ การปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในสภาพแวดล้อม มีความสามารถในการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ ผู้มีความสามารถพิเศษด้านธรรมชาติจะรู้จักและจำแนกชนิดของสัตว์และพืช รวมไปถึงการแยกแยะความแตกต่าง และจัดหมวดหมู่ต่างๆในธรรมชาติที่พบได้ดี บุคคลในกลุ่มนี้ได้แก่นักเดินเท้าท่องเที่ยว นักพฤกษศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ นักสมุทรศาสตร์ สัตวแพทย์ คนสวน และเจ้าหน้าที่พิทักษ์อุทยานแห่งชาติ

9. ความสามารถด้านจิตวิญญาณและการดำรงอยู่ของชีวิต (Spiritual/Existential

Intelligence) ความสามารถในการเข้าถึงจิตวิญญาณและสัจธรรมในการดำเนินชีวิต ความคิด สงสัยใคร่รู้ในเรื่องความเป็นไปของชีวิต ชีวิตหลังความตาย เรื่องเหนือจริง มิติลึกลับ คิดใคร่ครวญ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการมีชีวิตตามความซงสัยของตน ต้องการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับการคงอยู่ (the question of existence)

และอีก 3 ด้านที่กำลังอยู่ในระหว่างการวิจัยเพื่อให้คำอธิบายที่สมบูรณ์เพราะมีความซับซ้อนและวัดยาก โดยสีบแสง พรหมบุญ(2550 : Online) ได้อธิบายไว้ดังนี้

10. ความสามารถด้านจริยธรรม คุณธรรม (Moral Intelligence) คือ ความสามารถในการมีจริยธรรม คุณธรรมและมนุษยธรรมสูง ให้คุณค่าของชีวิต ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย

11. ความสามารถด้านแสงสว่างแห่งจิตใจ (The Mental Searchlight Intelligence) คือ ความสามารถในการมองเห็นภาพรวมและภาพกว้างของสังคมได้

12. ความสามารถด้านอำนาจภาพแห่งแสงสว่าง(The Laser Searchlight Intelligence) คือ ความสามารถในการสร้างความก้าวหน้าให้สังคมได้

สรุปได้ว่า ความสามารถตามทฤษฎีพหุปัญญาที่แน่นอนจนถึงปี ค.ศ. 1999 จะประกอบด้วยความสามารถ 9 ด้าน แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้ความสามารถ 8 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถด้านวาจา/ภาษา คือ ความสามารถที่เกี่ยวกับการใช้ภาษา
2. ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ คือ ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวเลขและการใช้เหตุผล
3. ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ คือ ความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างระยะ ขนาด ตำแหน่งและการมองเห็น
4. ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว คือ ความสามารถในการควบคุมและการแสดงออกผ่านอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกาย
5. ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ คือ ความสามารถในการเข้าใจ ซึมซับและแสดงออกทางดนตรี
6. ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น คือ ความสามารถในการเข้าใจผู้อื่น มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้ดี
7. ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง คือ ความสามารถในการเข้าใจความรู้สึกของตนเอง
8. ความสามารถด้านธรรมชาติ คือ ความสามารถในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมและเรียนรู้ผ่านประสบการณ์

1.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางพหุปัญญา

ชัยพฤกษ์ เสรีรักษ์ และบังอร เสรีรักษ์(2543: 7-9) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางพหุปัญญาแต่ละด้านดังนี้

1. คนที่มีความสามารถด้านภาษา มีลักษณะดังนี้
 - 1.1 สามารถจับใจความได้ดีจากการฟังสิ่งต่างๆ
 - 1.2 สามารถถ่ายทอดความคิดโดยการพูดได้ชัดเจน
 - 1.3 สื่อสารได้ชัดเจนตรงประเด็น
 - 1.4 สามารถอ่านหนังสือต่างๆได้ถูกต้อง เข้าใจความหมาย จับใจความได้ดี
 - 1.5 เขียนถ่ายทอดความรู้สึก ความรู้ ข้อมูลได้ถูกต้องชัดเจนหลายแนวทาง

2. คนที่มีความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ มีลักษณะดังนี้
 - 2.1 เป็นคนที่คิดเป็นระบบ มีเหตุผลในการคิด
 - 2.2 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ คิดพิจารณาส่วนย่อยของประเด็นให้เห็นภาพชัดเจน
 - 2.3 มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์ คือ ประมวล เชื่อมโยงแง่มุมความคิดรวบยอด และประเด็นต่างๆให้เป็นเรื่องเดียวกัน
 - 2.4 มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ นำเหตุผลข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจเชื่อหรือไม่เชื่อ ทำหรือไม่ทำ
 - 2.5 มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา คือ การประมวลหาสาเหตุของปัญหา หาวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย และเลือกแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้เกิดผล
 - 2.6 มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ คือ สามารถคิดได้คล่องหลากหลายแนวทาง คิดได้แตกต่างจากคนอื่น คิดยืดหยุ่น ไม่ยึดติด
 - 2.7 มีความสามารถในการใช้จำนวน เข้าใจความเป็นนามธรรมของจำนวน
 - 2.8 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างรอบด้าน
3. คนที่มีความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ มีลักษณะดังนี้
 - 3.1 สามารถวาดภาพในสมองและออกแบบสิ่งต่างๆได้เหมาะสมกับจุดประสงค์ที่ต้องการใช้
 - 3.2 ละเอียดแม่นยำ รู้เรื่องทิศทาง
 - 3.3 วาดรูปได้ถูกต้องส่วนและสื่อความคิดความรู้สึกผ่านรูปภาพได้ชัดเจนทั้งความคิดเชิงรูปธรรมและความคิดเชิงนามธรรม
4. คนที่มีความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว มีลักษณะดังนี้
 - 4.1 สามารถใช้กล้ามเนื้อได้คล่องแคล่ว ทั้งกล้ามเนื้อเล็กและกล้ามเนื้อใหญ่
 - 4.2 ใช้อวัยวะของร่างกายสื่อสารท่าทาง ความคิด ความรู้สึกได้
 - 4.3 ใช้กล้ามเนื้อเล็กได้อย่างคล่องแคล่วในการทำกิจกรรมต่างๆ อาทิ เย็บปักถักร้อย แกะสลัก ฝัดตัด เคลื่อนไหวนิ้วมือ ท่าทางต่างๆ
 - 4.4 ใช้กล้ามเนื้อใหญ่ได้อย่างคล่องแคล่วในการทำกิจกรรมต่างๆ อาทิ การเล่นกีฬา การเดินตามจังหวะ การทำท่าประกอบ
 - 4.5 ใช้อวัยวะของร่างกายสื่อสารและแสดงความคิด ความรู้สึกได้ เช่น การแสดงละคร การแสดงทำใบ้สื่อภาษา
5. คนที่มีความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ มีลักษณะดังนี้
 - 5.1 ไวต่อการรับรู้จังหวะและทำนอง
 - 5.2 แยกแยะเสียง ทำนอง จังหวะได้
 - 5.3 แต่งเพลง สร้างสรรค์ทำนอง
 - 5.4 สื่อสารความคิดออกมาเป็นเพลง

6. คนที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น มีลักษณะดังนี้
 - 6.1 สามารถรับรู้อารมณ์ ความคิด ความรู้สึกของบุคคลต่าง ๆ รอบตัวได้
 - 6.2 ปรับปฏิสัมพันธ์ให้เหมาะสมกับการอยู่ร่วมกับบุคคลอื่น
 - 6.3 ทำงานกลุ่มได้ดี มีความเป็นผู้นำ เป็นสมาชิกกลุ่มที่ดี และรับรู้บทบาทตนเองในแต่ละสถานการณ์
7. คนที่มีความสามารถด้านการรู้จักตนเอง มีลักษณะดังนี้
 - 7.1 นับถือตนเอง มั่นใจในตนเอง รู้จักเข้าใจจุดดีจุดด้อยของตนเอง
 - 7.2 วางแผนการทำงานของตนเอง และหาแนวทางในการพัฒนาตนเองให้เก่งสูงสุดและพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ
 - 7.3 มีวิธีการเปลี่ยนแปลงตนเองให้เหมาะสม และเตือนตนเองให้ทำงานตามที่วางแผนไว้จนบรรลุเป้าหมาย
 - 7.4 กระตุ้นตนเองให้ต่อสู้อุปสรรคและอดทนต่อความลำบากกายและใจได้
8. คนที่มีความสามารถด้านธรรมชาติ มีลักษณะดังนี้
 - 8.1 มีความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง ทั้งวงจรชีวิต สภาพปัจจุบัน การดูแลให้คงอยู่ และการทำให้ธรรมชาติเสียหายหมดไป
 - 8.2 สามารถคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเงื่อนไขต่างๆเปลี่ยนแปลง
 - 8.3 มักจะอยู่ในธรรมชาติ หลงใหลในความงามของธรรมชาติ

สุนทร โคตรบรรเทา (2548: 1-24) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางพหุปัญญาในด้านต่างๆไว้ดังนี้

 1. คนที่มีความสามารถด้านวาจา/ภาษา มีคุณลักษณะทั่วไปดังนี้
 - 1.1 คิดออกมาเป็นคำพูด
 - 1.2 ใช้ภาษาและคำพูดเพื่อแสดงความหมายที่ซับซ้อนได้ในหลายรูปแบบ
 - 1.3 มีความรักในเสียงและจังหวะของภาษา
 - 1.4 ใช้ภาษาในการอธิบายสิ่งต่างๆ
 - 1.5 เป็นนักเล่าเรื่องราวต่างๆ
 - 1.6 มีคำศัพท์ที่กว้าง
 - 1.7 จดจำสิ่งต่างๆได้ง่าย
 - 1.8 เข้าใจความสำคัญและความหมายของไวยากรณ์
 - 1.9 สะกดคำได้เร็ว
 - 1.10 ชอบใช้คำเปรียบเทียบและอุปมาอุปไมย
 2. คนที่มีความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้
 - 2.1 ใช้เหตุและผลหรือวิธีเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาต่างๆ
 - 2.2 เข้าใจตัวเลขและแบบแผนที่เป็นนามธรรม
 - 2.3 ใช้เหตุผลในการเข้าใจปัญหาและการแก้ปัญหา

- 2.4 ชอบคำนวณ ทำงานกับตัวเลข รูปทรง และแบบแผนต่างๆ
- 2.5 คิดในเชิงความคิดรวบยอด
- 2.6 ชอบคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหาอักษรไขว้
- 2.7 มีวิธีแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นระบบ
- 2.8 คิดคำนวณโจทย์เลขที่ซับซ้อนได้
- 2.9 แยกย่อยรหัสและแบบแผนลวดลายต่างๆได้
- 2.10 ชอบทำงานกับสัญลักษณ์และสูตรที่เป็นนามธรรม
- 2.11 รู้จักทำงานไปตามลำดับขั้น เช่น การประกอบชิ้นส่วนต่างๆให้เข้าที่

เดิม

- 2.12 รู้จักความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์กับวัตถุที่เป็นรูปธรรม

3. คนที่มีความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

ไปนี้

- 3.1 ชอบสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ
- 3.2 คิดเป็นภาพสามมิติ
- 3.3 ชอบเขียนภาพและวาดภาพ
- 3.4 ชอบสีและการออกแบบ
- 3.5 ชอบทิวทัศน์
- 3.6 ชอบรูปภาพและวิถีทัศน์
- 3.7 ชอบอ่านสัญลักษณ์
- 3.8 สร้างสรรค์ภาพลักษณ์จากด้านต่างๆในใจ
- 3.9 ชื่นชอบภาพนามธรรม (Abstract) และมีระยะทางหรือที่ว่าง (Space)
- 3.10 ชอบแบบแผนหรือลวดลายและรูปทรงเรขาคณิต

4. คนที่มีความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

ไปนี้

- 4.1 ชอบการพ้อนรำและการเต้นรำ
- 4.2 เป็นผู้ชอบเรียนภาคปฏิบัติ
- 4.3 ใช้ภาษาท่าทาง
- 4.4 พ้อนรำหรือเต้นรำได้สวยงาม
- 4.5 ชอบซ่อมแซมวัตถุสิ่งของต่างๆ
- 4.6 มีทักษะเกี่ยวกับงานช่างฝีมือ
- 4.7 มีการประดิษฐ์วิธีการใหม่ๆ
- 4.8 มีการทรงตัวและจังหวะเวลาดี
- 4.9 ตอบสนองต่อสิ่งเร้าทางร่างกายในสิ่งแวดล้อมได้ดี
- 4.10 ทำกิจกรรมทักษะการเคลื่อนไหว เช่น การเล่นกีฬา การเล่นวิดีโอ

เกม หรือการขับรถ เป็นต้น

5. คนที่มีความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

5.1 มีความรู้สึกไวต่อเสียงที่ไม่ใช่เพียงเสียงพูดในสิ่งแวดล้อม ยังรวมทั้งเสียงเพลงและทำนองเพลงด้วย

5.2 มีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบแผนของจังหวะ เสียงสูงต่ำ และการสั่นสะเทือน ของเสียง

5.3 จดจำทำนองเพลงได้ไว

5.4 ชอบทำเลียนเสียงและจังหวะต่างๆ

5.5 ชื่นชอบเสียงต่างๆในสิ่งแวดล้อม

5.6 ตอบสนองต่อเสียงดนตรีโดยการเคลื่อนไหวร่างกายให้เข้ากับจังหวะและทำนองเพลง

5.7 เล่นเครื่องดนตรีต่างๆได้

5.8 แต่งเพลงได้ทั้งทำนองและเนื้อร้อง

5.9 สามารถคิดออกมาเป็นเสียงเพลง

5.10 จดจำเสียงเพลงได้ง่าย

6. คนที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

6.1 มีอิทธิพลต่อความคิดและการกระทำของผู้อื่น

6.2 ชอบการคบเพื่อนและการมีเพื่อน

6.3 เป็นผู้นำในการแลกเปลี่ยนและสื่อความคิดเห็น

6.4 มีการสบตาที่ดีกับผู้อื่น

6.5 มีการสะท้อนความรู้สึกกลับไปสู่ผู้อื่น

6.6 ทำให้ผู้อื่นรู้สึกมีความสำคัญ

6.7 มีความสนใจในผู้อื่นอย่างแท้จริง

6.8 เข้ากับผู้อื่นได้ง่าย

6.9 เข้ากันได้ดีกับผู้มีนิสัยและใจตรงกัน

6.10 มีความเป็นมิตรกับทุกคน

7. คนที่มีความสามารถด้านการรู้จักตนเอง มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

7.1 มีการควบคุมความรู้สึกและอารมณ์ของตนเอง

7.2 เป็นคนช่างสังเกต

7.3 เป็นผู้มีความเข้าใจตนเองหรือมีสัจการแห่งตน

7.4 มีความสามารถคิดทบทวนหรือพิจารณาตนเอง

7.5 มีความสามารถแสดงออกโดยใช้สัญลักษณ์หลายอย่าง

7.6 มีความเข้าใจการคิดในระดับสูง

7.7 มีความคล่องในการหาเอกลักษณ์ของตนเอง

- 7.8 มีความอยากรู้อยากเห็นว่าทำไมสิ่งต่างๆจึงเป็นไปเช่นนั้น
- 7.9 จัดการกับการเจริญเติบโตของตนเองได้
- 7.10 ชอบทำงานอิสระคนเดียว
8. คนที่มีความสามารถด้านธรรมชาติ มีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้
- 8.1 เอาใจใส่ดูแลพืช ต้นไม้ และดอกไม้
- 8.2 สะสมเปลือกหอยและปลาสวยงาม
- 8.3 ชื่นชมในเสียงของธรรมชาติ
- 8.4 มีความตื่นตัวในการไปชมพิพิธภัณฑ์ชีววิทยาหรือสวนพฤกษชาติ
- 8.5 มีจิตสำนึกต่อขยะและการทิ้งขยะในสิ่งแวดล้อม
- 8.6 มีความหวาดกลัวและซึมซับในปรากฏการณ์ธรรมชาติ
- 8.7 สนใจการทดลองวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต
- 8.8 มีความสนใจในการจัดสภาพของธรรมชาติ
- 8.9 ชอบเลี้ยงสัตว์และนกสวยงามต่างๆเป็นสัตว์เลี้ยง
- 8.10 มีความสนใจเกี่ยวกับฟอสซิล (ซากกลายเป็นหิน) ต่างๆ
9. คนที่มีความสามารถด้านจิตวิญญาณและการดำรงอยู่ของชีวิต มีลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้ (อารี สันทรวี. 2547: 30)
- 9.1 ชอบเข้าไปไหว้พระที่วัด ฟังเทศน์ที่โบสถ์ และรู้สึกว่าเป็นสิ่งดีในชีวิต
- 9.2 ใช้เวลานั่งสมาธิโดยสม่ำเสมอเพื่อคิดถึงความหมายของชีวิตและความตาย
- 9.3 ชอบอ่านหนังสือทางศาสนาและปรัชญาเพื่อช่วยคิดถึงความหมายของชีวิตให้ลึกซึ้งขึ้น
- 9.4 ชอบอภิปรายเรื่องศาสนาและปรัชญากับคนอื่น
- 9.5 คิดถึงความหมายของชีวิตมากกว่าคนที่อยู่รอบข้าง
- 9.6 แสดงความรู้สึกและความเห็นเกี่ยวกับจิตวิญญาณ ปรัชญา และความหมายของชีวิต โดยการพูดอภิปราย ทำผลงานวิจัยช่วยเหลือผู้อื่น
- 9.7 ชอบดูภาพยนตร์ที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับจิตวิญญาณความคิดทางปรัชญา
- 9.8 มักจะหาเวลาออกไปอยู่ปลีกวิเวกตามลำพัง เพื่อคิดถึงความหมายของชีวิตและพระผู้เป็นเจ้า
- 9.9 คิดที่จะมีอาชีพที่ช่วยให้ได้คิดเกี่ยวกับเรื่องความหมายของชีวิตกับผู้อื่นจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางพหุปัญญา มีลักษณะดังนี้
1. บุคคลที่มีความสามารถทางวาจา/ภาษาจะมีลักษณะดังนี้คือ
- 1.1 ชอบอ่าน เขียน เล่าเรื่อง
- 1.2 ใช้ภาษาในการสื่อความหมายได้เป็นอย่างดี

- 1.3 มีความสามารถในการฟัง เข้าใจ ตีความหมาย และจดจำสิ่งต่างๆ ได้ดี
- 1.4 มีอารมณ์ขัน
- 1.5 มีการสร้างสรรค์รูปแบบต่างๆ ทางภาษา
2. บุคคลที่มีความสามารถทางตรรกะ/คณิตศาสตร์ จะมีลักษณะดังนี้
 - 2.1 ใช้เหตุผลวิธีทางตรรกะในการแก้ปัญหา
 - 2.2 ชอบคำนวณ ชอบทำงานเกี่ยวกับตัวเลข สัญลักษณ์ สูตร แผนภูมิ และรูปทรงต่างๆ
 - 2.3 ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
 - 2.4 ใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เช่น การคำนวณ สถิติ การนำเสนอข้อมูล เป็นต้น ได้ดี
3. บุคคลที่มีความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ จะมีลักษณะดังนี้
 - 3.1 ชอบเขียนภาพ วาดภาพ ออกแบบ และระบายสีภาพ
 - 3.2 ใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงานได้ดี
 - 3.3 สนุกกับการสร้างภาพ 3 มิติเป็นรูปทรงต่างๆ
 - 3.4 สามารถอ่านแผนภูมิ ตาราง แผนที่ กะระยะได้แม่นยำ และเข้าใจเรื่องทิศทาง
4. บุคคลที่มีความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว มีลักษณะดังนี้
 - 4.1 ใช้ร่างกายในการเคลื่อนไหว สัมผัส สื่อสารท่าทาง เดิน หยิบจับสิ่งของได้ดี
 - 4.2 ชอบการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติมีส่วนร่วมจากประสบการณ์ตรง เช่น การทัศนศึกษา การเล่นเกม การแสดงบทบาทสมมติ ประดิษฐ์สิ่งของ เป็นต้น
 - 4.3 มีความคล่องตัวในการทำงาน สังเกตได้จากการเคลื่อนไหวร่างกาย
 - 4.4 มีการทรงตัว และจัดวางจังหวะท่าทางได้ดี
5. บุคคลที่มีความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ มีลักษณะดังนี้
 - 5.1 มีความเข้าใจในจังหวะ ทำนอง เนื้อร้อง ระดับเสียง และแยกแยะเสียงร้องเสียงดนตรีได้ดี
 - 5.2 เล่นเครื่องดนตรีต่างๆ ได้ เรียนรู้ได้ไว
 - 5.3 ชอบ สนใจ และสนุกสนานกับเสียงต่างๆ รอบตัว ได้แก่ เสียงธรรมชาติ เสียงมนุษย์ เสียงดนตรี
 - 5.4 สามารถสร้างสรรค์ผลงานเพลง ทั้งเนื้อร้อง ทำนอง หรือแม้กระทั่งประดิษฐ์เครื่องดนตรีได้เอง
6. บุคคลที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น มีลักษณะดังนี้
 - 6.1 มีความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น ปรับตัวเข้ากับผู้อื่นได้ง่าย
 - 6.2 มีความสนใจและให้ความสำคัญกับผู้อื่น
 - 6.3 สามารถรับรู้ความคิด ความรู้สึก อารมณ์ของผู้อื่นได้
 - 6.4 มีความเป็นผู้นำ เป็นตัวกลางในการประสานการทำงาน ความเข้าใจ

ความคิดให้กับผู้อื่น

7. บุคคลที่มีความสามารถด้านการรู้จักตนเอง มีลักษณะดังนี้
 - 7.1 เข้าใจอารมณ์ ความรู้สึก จุดดีและจุดด้อยของตนเอง
 - 7.2 ควบคุมและพัฒนาอารมณ์ ความรู้สึกของตนเองให้ไปในทางที่เหมาะสม
 - 7.3 ชอบทำงานคนเดียว
 - 7.4 มีความนับถือและมั่นใจในตนเอง
8. บุคคลที่มีความสามารถด้านธรรมชาติ มีลักษณะดังนี้
 - 8.1 มีความรู้และความสนใจในธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง
 - 8.2 ชอบเลี้ยงสัตว์ต่างๆ
 - 8.3 เอาใจใส่ดูแลพืช ต้นไม้ ดอกไม้ และสัตว์
9. บุคคลที่มีความสามารถด้านจิตวิญญาณและการดำรงอยู่ของชีวิต มีลักษณะดังนี้
 - 9.1 ชอบเข้าวัด ฟังธรรม นั่งสมาธิ และรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่ดี
 - 9.2 แสดงความรู้สึก ความเห็น และคุณภาพย่นตร์ที่เกี่ยวกับจิตวิญญาณ ปรัชญา

และความหมายของชีวิต

1.4 การใช้ความสามารถในแต่ละด้านไปช่วยพัฒนาความสามารถในด้านอื่น ๆ

ในการนำความสามารถพิเศษหรือปัญญาในแต่ละด้านที่แต่ละคนมีอยู่ เพื่อนำไปช่วยพัฒนาความสามารถในด้านอื่นๆให้เพิ่มมากขึ้น มีหลักการดังนี้ (อาร์มสตรอง, ไร้มัส. 2549: 5-130.)

1.4.1 คนที่มีความสามารถด้านภาษา จะช่วยพัฒนาความสามารถด้านอื่นๆได้ดังนี้

- 1.4.1.1 ความสามารถด้านดนตรี เขียนคำขึ้นเองโดยให้มีสัมผัส แล้วร้องเป็นเพลงเพื่อช่วยให้เรียนรู้เรื่องจังหวะและทำนอง
- 1.4.1.2 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ เมื่อเกิดปัญหาเรื่องโจทย์เลขหรือวิทยาศาสตร์ ให้แก้ปัญหาด้วยการพูดกับตนเองเบาๆหรือการเขียน
- 1.4.1.3 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ในขณะที่อ่านหนังสือให้จินตนาการถึงตัวละครและสถานที่ในเรื่อง หรืออาจวาดฉาก แผนที่ หรือตัวละครในเรื่องประกอบไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจเรื่องราวที่ซับซ้อนและอ่านหนังสืออย่างสนุกสนาน
- 1.4.1.4 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว อาจจะเล่นละครกับเพื่อนๆ โดยจินตนาการว่าตัวละครจะเดิน นั่ง เคลื่อนไหวอย่างไร แล้วลองทำตามดู
- 1.4.1.5 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ลองมองดูคนรอบข้าง เพราะหัวใจของการเป็นนักพูดและนักเล่านิทานที่ดีคือความสามารถในการโน้มน้าวใจผู้ฟัง ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมของผู้ฟังเสียก่อนและอ่านปฏิกริยาของผู้ฟังให้เป็นด้วย
- 1.4.1.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง ต้องทำบันทึกส่วนตัวเพื่อใช้เป็น

เครื่องมือสำรวจตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นความรู้สึก เป้าหมาย พฤติกรรมที่มีต่อคนรอบข้างและเหตุการณ์รอบตัว

1.4.1.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ หาเรื่องราวของวัฒนธรรมในยุคต่างๆ มาอ่านและเขียนเป็นตำนานเพื่ออธิบายสิ่งรอบตัว เช่น ดวงดาวขึ้นไปอยู่บนท้องฟ้าได้อย่างไร หรือทำไมต้นหญ้าจึงเป็นสีเขียว

1.4.2 คนที่มีความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ จะสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในด้านอื่นๆ ได้ดังต่อไปนี้

1.4.2.1 ความสามารถด้านภาษา ลองหาหนังสือแนวสืบสวนสอบสวนมาอ่าน เพราะเหตุผลทางตรรกะและการจัดทอนทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยให้หาฆาตกรตัวจริงได้ หรืออ่านหนังสือแนววิทยาศาสตร์แล้วเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สนใจ

1.4.2.2 ความสามารถด้านดนตรี ลองจับรูปแบบของดนตรีที่ฟัง ผู้ที่มีความสามารถด้านตรรกะอาจชอบเพลงที่มีเครื่องดนตรีประเภทเคาะ (Percussion) หลายชิ้นที่ บรรเลงจังหวะซ้ำเร็วปนกันในหนึ่งเพลง

1.4.2.3 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ให้จินตนาการภาพทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เช่น กราฟแสดงผลการทดลองวิทยาศาสตร์ นึกภาพรูปแบบและความสวยงามทางวิทยาศาสตร์ เช่น แถบสีหลากสีที่ทะลุผ่านแก้วคริสตัลหรือปริซึม รูปร่างของเกล็ดหิมะที่คล้ายกับรูปร่างของสาหร่ายเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ หรือเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถสร้างรูปร่างที่มีสีสันหลากหลายหรือภาพเคลื่อนไหวได้

1.4.2.4 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว กีฬาที่ต้องอาศัยกลยุทธ์ในการเล่น จะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้มีความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ได้ จนอาจกลายเป็นนักกีฬาคนเก่งในที่สุดแม้ทักษะด้านร่างกายอาจยังไม่ดีเท่าที่ควร และให้มีการติดตามคะแนนและสถิติของกีฬาทั้งประเภทเดี่ยวและประเภททีมว่าสัมพันธ์กับความสามารถของผู้เล่นอย่างไร

1.4.2.5 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น รวมกลุ่มกันเล่นเกมที่ต้องวางแผนและคิดอ่านเป็นเหตุเป็นผล เกมกระดานทั่วไปอย่างเช่น หมากรุก หมากรุก หมากรุก หมากรุก ไฟ ซึ่งเป็นเกมที่น่าเล่นและให้ค้อยสังเกตวิธีการเล่นของคนอื่นๆ แล้วคิดตามว่าทำไมเขาจึงเล่นอย่างนั้น วิธีนี้จะช่วยฝึกฝีมือไปด้วยในตัว

1.4.2.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง ให้กำหนดรูปแบบการดำเนินชีวิตของตัวเอง เช่น พยายามเข้าใจโลกในแง่มุมของวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น หรือจะลองทำเวปไซต์ของตัวเองก็ได้

1.4.2.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ให้สำรวจวิทยาศาสตร์สาขาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตและโลกของเรา เช่น ชีววิทยาหรือธรณีวิทยา เพื่อให้เข้าใจความเป็นไปของธรรมชาติได้มากขึ้น ตั้งคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติแล้วลองหาคำตอบด้วยตนเอง

1.4.3 คนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จะสามารถพัฒนาความสามารถในด้านอื่น ๆ ได้ ดังนี้

1.4.3.1 ความสามารถด้านภาษา ให้สังเกตภาพประกอบในหนังสือว่าภาพเหล่านั้นช่วยให้ตัวละครและฉากต่าง ๆ มีความมีชีวิตได้อย่างไร ภาพประกอบนั้นเข้ากับเรื่องหรือไม่ อีกวิธีหนึ่งคือให้ลองเขียนการ์ตูนขึ้นมาเองสักเรื่องแล้วสังเกตว่าภาพและคำสัมพันธ์กันอย่างไร ภาพเล่าเรื่องได้ดีพอหรือยังแล้วความคิดเปลี่ยนไปหรือไม่เมื่อเริ่มลงมือวาดภาพ และต้องหัดอ่านโคลงกลอนสังเกตการสัมผัสของคำ

1.4.3.2 ความสามารถด้านดนตรี ขณะที่วาดรูป ออกแบบ หรือคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ให้เปิดเพลงคลอไปด้วยเพราะเสียงดนตรีจะช่วยกระตุ้นจินตนาการ เมื่อฟังเพลงไปด้วยอาจรู้สึกว่าคุณคิดได้ละเอียดขึ้นและทำงานได้ดีขึ้น ลองฟังเพลงหลายๆแนวในขณะที่ทำงานหลายๆแบบ เช่น อาจฟังเพลงป๊อปตอนวาดภาพ เพลงเรกเก้ตอนทำงานศิลปะ หรือเพลงคลาสสิกตอนออกแบบ สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น

1.4.3.3 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ การวาดภาพอาจช่วยให้แก้โจทย์คณิตศาสตร์หรือเข้าใจการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เพราะความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสังเกตและการมองรูปแบบ ดังนั้น ความสามารถในการมองรูปแบบของสิ่งรอบๆตัว จะช่วยให้มองเห็นรูปแบบใหม่ๆทางคณิตศาสตร์ด้วย อาจลองร่างสิ่งที่คิดหรือร่างโจทย์คณิตศาสตร์ออกมาเป็นรูปภาพ ซึ่งอาจจะได้รูปแบบและคำตอบที่อาจไม่เคยคิดออก

1.4.3.4 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว มีกิจกรรมมากมายที่ส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย เช่น งานสร้างแบบจำลอง ให้สังเกตการเคลื่อนไหวของตนเองขณะที่ทำงานศิลปะ การเรียนรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายจะช่วยให้กลายเป็นศิลปิน นักออกแบบ หรือนักประดิษฐ์ที่เก่งขึ้น

1.4.3.5 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ใช้ความสามารถทางศิลปะช่วยให้ผู้ที่มีความสามารถทางมิติสัมพันธ์เป็นที่รู้จักในหมู่ผู้อื่น เช่น อาสาช่วยเพื่อนระบายสี วาดโปสเตอร์ ออกแบบป้าย หรือออกแบบเสื้อยืดตามความถนัด ซึ่งจะได้รู้จักคนที่สนใจเรื่องเดียวกัน อาจช่วยสอนศิลปะให้กับผู้ที่สนใจ ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะได้ผูกมิตรกับผู้คน เพราะความสามารถพิเศษทางด้านกรวาดภาพ ถ่ายภาพ ทำแบบจำลอง 3 มิติ ต่างก็เป็นที่น่าสนใจที่ใครๆก็อยากเรียนรู้

1.4.3.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง ให้เขียนไดอารี่โดยที่ให้อาจารย์ชีวิตแต่ละวันลงไปด้วยแทนที่จะเป็นการเขียนเล่าเรื่องเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะสามารถแสดงความเป็นตัวของตัวเองออกมาได้โดยใช้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้หลายวิธี เช่น ออกแบบห้องนอนที่เหมาะสมกับตัวเอง หรือออกแบบและเย็บเศษผ้าเป็นข้อความที่เกี่ยวข้องกับตนเองและความรู้สึกที่มีต่อตนเอง

1.4.3.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีและ

ความสามารถในการอ่านแผนที่ จะช่วยกระตุ้นให้อยากออกสำรวจธรรมชาติ โดยให้อ่านแผนที่และใช้เข็มทิศเพื่อหาสถานที่ไปพร้อมๆกัน อาจไปเดินสำรวจป่า ชายทะเล หรือสถานที่ใกล้ๆบ้าน เช่น สวนสาธารณะ แล้วให้นึกว่าสนใจอะไรเป็นพิเศษ ต้นไม้ สัตว์ หรือรูปร่างของภูมิประเทศ จากนั้นวาดหรือถ่ายรูปสิ่งที่สนใจและวาดแผนที่สถานที่ที่ไปสำรวจไปด้วยก็ได้

1.4.4 คนที่มีความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว จะสามารถพัฒนาความสามารถด้านอื่นๆ ได้ดังนี้

1.4.4.1 ความสามารถด้านภาษา ให้ลองท่องคำศัพท์ โดยเขียนคำศัพท์ลงในกระดาษแล้วใช้นิ้วไล่ไปที่ละคำ

1.4.4.2 ความสามารถด้านดนตรี เดินตามเสียงเพลง ในระหว่างที่เดินให้สังเกตจังหวะ รูปแบบและท่วงทำนองของเพลง หรือจะเต้นแอโรบิกประกอบเพลงก็ได้

1.4.4.3 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ ให้ประดิษฐ์สิ่งของ เช่น ชั้นวางของหรือกล่องใส่หนังสืออันเล็กๆ เพื่อเป็นการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดขนาดและกะปริมาณวัสดุที่ต้องใช้ และยังสามารถเรียนรู้เรื่องรูปเรขาคณิตซึ่งต้องมีการคำนวณว่าจะประกอบวัสดุแต่ละชิ้นให้ทำมุมกันอย่างไร จึงจะได้ชั้นวางของหรือกล่องที่แข็งแรง

1.4.4.4 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ลองเปลี่ยนวัสดุแบบใหม่ในการประดิษฐ์งานศิลปะ เช่น วาดรูปด้วยมือและนิ้วแทนการใช้พู่กัน ปั้นดินน้ำมัน หรือฝนสีเทียนเป็นภาพ วิธีนี้จะทำให้เรียนรู้เรื่องผิวสัมผัส การวาดภาพ รูปทรง สัดส่วน และสีกันไปพร้อมๆกัน

1.4.4.5 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น หัดเล่นมายากลจะได้ฝึกทักษะการใช้มือและยังได้เรียนรู้วิธีที่จะดึงความสนใจของผู้ชมให้จับสังเกตไม่ทันเวลาเล่นกลและยังทำให้ผู้ชมรู้สึกสนุกสนานอีกด้วย

1.4.4.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง เลือกทำกิจกรรมที่เน้นสมาธิและพุ่งความสนใจมาที่ตัวเอง เช่น โยคะหรือจะเล่นกีฬาประเภทวิ่งหรือขี่จักรยานที่สามารถคิดไปเล่นไปได้

1.4.4.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ออกสำรวจธรรมชาติเดินชมนกชมดอกไม้แล้วเก็บมาทำป๊วในหนังสือหรือเดินดูรูปทรงและสีของตึก ดูถนนหนทาง ป้ายโฆษณา และรถที่วิ่งผ่านไปมา วิธีนี้จะช่วยให้หัดสังเกตสิ่งต่างๆรอบตัวได้ดี

1.4.5 คนที่มีความสามารถด้านดนตรี จะสามารถนำความสามารถด้านนี้ไปพัฒนาความสามารถด้านอื่นๆดังนี้

1.4.5.1 ความสามารถด้านภาษา ลองแต่งเพลงจากหนังสือที่อ่านจากคำศัพท์ใหม่ๆ ท่องจำวันสำคัญหรือการจดจำสถานที่สำคัญ

1.4.5.2 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ นำตัวเลขมาแต่งเป็นเพลง เช่นเดียวกับการท่องสูตรคูณให้เป็นจังหวะ หรือนำเอาสูตรทางคณิตศาสตร์มาแต่งเป็นเพลงด้วยก็ได้ ซึ่งจะทำให้สามารถเรียนรู้และจดจำได้ง่ายขึ้น

1.4.5.3 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ให้เปิดเพลงฟังหลายๆแนวแล้วสังเกตว่า

เพลงแต่ละแนวก่อให้เกิดภาพ ความรู้สึก และความคิดที่แตกต่างกันอย่างไร หรืออาจจะลองคิดปะติดปะต่อภาพจากเพลงโปรดเพื่อดูว่าภาพในความคิดจะเป็นอย่างไร

1.4.5.4 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว เคลื่อนไหวตามจังหวะเพลงทำได้หรือไม่จำเป็นต้องเต้น แต่ทำท่าไปตามที่รู้สึกแล้วสังเกตตัวเองว่าเคลื่อนไหวอย่างไร

1.4.5.5 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ใช้ดนตรีเป็นสื่อในการเข้าหากับผู้อื่น ลองเล่นดนตรีกับผู้อื่นบ้างแล้วคิดว่าตนเองรู้สึกอย่างไร

1.4.5.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง ฟังเพลงที่ตนเองเคยชอบแล้วสังเกตดูว่าความชอบของตนเองเปลี่ยนไปหรือไม่ เพลงที่เคยฟังทำให้รู้สึกแตกต่างไปจากเดิมหรือเปล่า หรือทำอัลบั้มเพลงโปรด ทำเพลงที่ทำให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลายหรือเป็นสุขเก็บไว้ฟัง

1.4.5.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ออกไปฟังเสียงดนตรีตามธรรมชาตินอกบ้าน เช่น เสียงนกร้อง เสียงรถ หรือเสียงสัตว์ต่างๆ แล้วลองนึกดูว่าเสียงเหล่านั้นทำให้นักถึงเครื่องดนตรีชิ้นไหนบ้าง

1.4.6 คนที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น จะสามารถส่งเสริมความสามารถด้านอื่นๆ ได้ดังนี้

1.4.6.1 ความสามารถด้านภาษา ผูกเสกคำกับเพื่อนๆ พูดคุยกันถึงหนังสือที่ได้ อ่านกันมาหรือหาหนังสือมาอ่านและวิจารณ์ร่วมกัน

1.4.6.2 ความสามารถด้านดนตรี นั่งฟังดนตรีร่วมกันแล้วพูดคุยกันถึงเพลงที่ได้ยินแล้วแลกเปลี่ยนความเห็นกันว่าใครชอบเพลงอะไรทำไมจึงชอบ หรืออาจลองหากิจกรรมเพื่อเพิ่ม ความรู้เรื่องดนตรีประเภทต่างๆ

1.4.6.3 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ หาเกมคณิตศาสตร์มาเล่นกับเพื่อน จับกลุ่มตีวคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ผลัดกันทายปัญหาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์กับเพื่อนๆ

1.4.6.4 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หาชั่วโมงเรียนพิเศษวิชาศิลปะเพื่อถือโอกาสทำความรู้จักเพื่อนใหม่และทำงานศิลปะร่วมกัน หรืออาจรวมกลุ่มกันทำงานฝีมือแล้วออกจำหน่ายเพื่อหารายได้พิเศษ

1.4.6.5 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว ทำกิจกรรมที่สามารถเล่นได้หลายคน เช่น เต้นรำ ศิลปะป้องกันตัว วอลเลย์บอล หรือบาสเกตบอล แล้วสังเกตดูวิธีที่หัวหน้าทีมหรือผู้ฝึกสอนใช้ทักษะด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่นในการสร้างขวัญกำลังใจให้แก่ลูกทีม

1.4.6.6 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง ให้คิดว่าตนเองมีความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่นอย่างไรบ้างแล้วจดบันทึกลงกระดาษ จากนั้นนำรายการที่บันทึกไว้มาใช้ปรับปรุงตนเอง

1.4.6.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ทำกิจกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สนใจ อาจเป็นโครงการอนุรักษ์นก โครงการอนุรักษ์ทะเล หรือโครงการรณรงค์ปลูกจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยให้ได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.4.7 คนที่มีความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง จะส่งเสริมให้เกิดความสามารถในด้านอื่นๆ ได้ดังนี้

1.4.7.1 ความสามารถด้านภาษา เขียนประวัติของตนเอง พูดคุยกับคนในบ้าน เพื่อสอบถามความเป็นมาของครอบครัว หรือเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับอนาคตที่ตนเองฝันไว้ ซึ่งจะต้องเขียนโดยแสดงความเป็นตัวของตัวเองออกมาด้วย เช่น การแต่งเรื่อง แต่งโคลงกลอน หรือเขียนบทละครเกี่ยวกับสิ่งที่สำคัญสำหรับตนเองและสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิต

1.4.7.2 ความสามารถด้านดนตรี เรียบเรียงประวัติของตนเองโดยใช้เพลงที่ได้เคยฟังมาซึ่งจะสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับตนเองได้จากเพลง เช่น ชอบเนื้อเพลงหรือชอบทำนองแบบไหน พอฟังเพลงนั้นแล้วรู้สึกอย่างไร หรือจะแต่งเพลง เล่นดนตรี หรือร้องเพลงเองก็ได้

1.4.7.3 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ หารูปแบบการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลจากสิ่งที่ชอบ แล้วสังเกตว่าสิ่งที่คนชอบทำมีอะไรที่เหมือนกันหรืออะไรที่ไม่เหมือนกันและศึกษาการทำงานของสมองดูว่าสมองแต่ละส่วนทำงานอย่างไรมีผลต่อการดำรงชีวิตอย่างไร

1.4.7.4 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ทำงานศิลปะหลายๆแบบเพื่อแสดงความรู้สึกที่แตกต่างหรือแสดงความเป็นตัวของตัวเองออกมา เช่น วาดรูป ทำภาพปะติด หรือทำงานฝีมืออื่นๆ เพื่อศึกษาความคิดของตัวเอง

1.4.7.5 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว ทำกิจกรรมที่ได้เคลื่อนไหวเพื่อแสดงความรู้สึก เช่น เดินรำ แสดงละคร เล่นละครใบ้ หรือทำงานประณีตศิลป์ หรือทำกิจกรรมที่ได้รวบรวมสมาธิ ซึ่งการทำสมาธิจะทำให้ได้สำรวจความรู้สึกและสำรวจตนเอง

1.4.7.6 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น นำเอาความสามารถในการเข้าใจตนเองไปใช้ในการทำความรู้จักผู้อื่น หาเพื่อนที่สนใจในเรื่องเดียวกัน หาโอกาสทำงานอาสาสมัครในเรื่องที่ชอบ เพื่อได้มีโอกาสทำความรู้จักกับเพื่อนใหม่ หรือออกไปพบเจอผู้คนในสถานที่ต่างๆ แล้วสังเกตว่ามีใครทำอะไรเหมือนตนเองในสถานการณ์นั้นๆหรือไม่

1.4.7.7 ความสามารถด้านธรรมชาติ ออกไปเดินเล่นหรือสำรวจสิ่งรอบตัว แล้วดูว่าธรรมชาติทำให้รู้สึกอย่างไร ทำไมจึงรู้สึกเช่นนั้น หรือลองหาของที่พบได้ตามธรรมชาติมาประดิษฐ์เป็นงานศิลปะเพื่อแสดงความรู้สึกเกี่ยวกับธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม หรืออะไรก็ตามที่สำคัญสำหรับตนเอง

1.4.8 คนที่มีความสามารถด้านธรรมชาติ จะสามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในด้านอื่นๆ ได้ดังนี้

1.4.8.1 ความสามารถด้านภาษา สามารถปลูกจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อมให้กับครอบครัวด้วยการรายงานหน้าห้องในหัวข้อที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เขียนหรืออ่านหนังสือที่เกี่ยวกับธรรมชาติ หรือลองจดบันทึกสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติที่ได้พบเห็นแล้วนำมาเขียนเป็นเรียงความ

1.4.8.2 ความสามารถด้านดนตรี ลองฟังเสียงธรรมชาติในดนตรี เช่น เสียงเครื่องเคาะทำให้นึกถึงฝนที่กำลังจะตกหรือไม่ เสียงฟลุคคล้ายเสียงนกร้องใหม่ หรืออาจให้

ธรรมชาติสร้างแรงบันดาลใจในการประดิษฐ์เครื่องดนตรีสักซึ้น เช่น กิ่งไม้ ก้อนหินในกระป๋อง หรือน้ำในแก้ว

1.4.8.3 ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ ทักษะในการสังเกตจะช่วยแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ได้ วิทยาศาสตร์หลายแขนงต่างก็ต้องอาศัยความสามารถ ด้านการคิดแบบตรรกะและคณิตศาสตร์ประกอบกับความสามารถด้านธรรมชาติ ดังนั้น อาจลองทำ โครงการวิทยาศาสตร์ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรืออาจใช้วิธีเชื่อมโยงคณิตศาสตร์และ รูปทรงเรขาคณิตเข้ากับสิ่งที่เห็นในธรรมชาติแล้วหาเหตุผลมาสนับสนุนความคิดเหล่านั้น

1.4.8.4 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ให้ตั้งใจมองสิ่งต่างๆในธรรมชาติ เช่น สี รูปทรง หรือผิวสัมผัส แล้วจะเห็นงานศิลปะที่มีอยู่ในธรรมชาติรอบๆตัวหรืออาจจะใช้วัสดุจาก ธรรมชาติเป็นอุปกรณ์ศิลปะ เช่น วาดรูปด้วยดอกไม้หรือสร้างแบบจำลองด้วยกิ่งไม้หรือใบหญ้า

1.4.8.5 ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว ออกกำลังกายด้วยการ ปีนป่าย ขี่จักรยาน วิ่ง เล่นสเกต หรือเดินเล่นท่ามกลางธรรมชาติ ในขณะที่ออกกำลังกายให้สังเกต ด้วยว่าธรรมชาติรอบๆตัวมีผลต่อความรู้สึกของตนเองหรือไม่อย่างไร หรือทำกิจกรรมที่ได้ ออกกำลังกายไปในตัว เช่น ขุดดินในสวนหรือกวาดสนามหญ้า

1.4.8.6 ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น เข้าร่วมทำกิจกรรมเพื่อ สิ่งแวดล้อมกับสังคม หรือชวนเพื่อนช่วยกันทำความสะอาดโรงเรียน

1.4.8.7 ความสามารถด้านการเข้าใจตนเอง พิจารณาสังตนเองมองและคิดใน ขณะที่เดินชมธรรมชาติ กำหนดเป้าหมายและหาวิธีที่จะช่วยอนุรักษ์ธรรมชาติได้หรือลองคิดว่า อนาคตจะทำอย่างไรจึงจะได้ทำงานกับธรรมชาติ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ในการทำงานที่จะนำความสามารถในแต่ละด้านไปช่วยพัฒนา ความสามารถด้านอื่นๆ ต้องดูความสามารถที่ของบุคคลนั้นเป็นสำคัญ แล้วนำความสามารถด้าน อื่นๆไปสอดแทรกให้ครบทุกด้าน เพื่อเป็นการพัฒนาความสามารถทางพหุปัญญาให้ครบทุกด้าน ซึ่งจะต้องใช้การสังเกตจากผู้ใกล้ชิดก่อนว่าบุคคลนั้นมีความสามารถด้านใดบ้างและยังขาดความ สามารถในด้านใด จึงเป็นการส่งเสริมความสามารถในด้านต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา

อาร์มสตรอง (Armstrong, 2000: 39-41) ได้กล่าวถึงครูในห้องเรียนพหุปัญญาว่า จะต้องมีการนำเสนองานจากทางด้านภาษาไปยังด้านมิติสัมพันธ์ไปยังด้านดนตรีและด้านต่อๆ ไป โดยผสมผสานปัญญาต่างๆในทางที่สร้างสรรค์

ครูพหุปัญญาจะใช้เวลาเพียงบางส่วนในการบรรยายและการเขียนกระดานดำที่หน้า ชั้นเรียน หลังจากนั้นจะมีเทคนิคต่างๆเข้ามาใช้ ซึ่งจะมีวิธีการสอนมากมายในทฤษฎีพหุปัญญา ดังแสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 สรุปวิธีการสอนโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา 8 ด้าน

ปัญหา	ตัวอย่างกิจกรรมการสอน	ตัวอย่างสื่อที่ใช้ในการสอน	กลยุทธ์การสอน
ด้านภาษา	การบรรยาย, การสนทนา, เกมคำศัพท์, การเล่าเรื่อง, การอ่านทำนองเสนาะ, การเขียนบทความ, การเขียนบทความ	หนังสือ, การอัดเทป, ชุดแสดมป์, เครื่องพิมพ์ดีด	การฟัง, การพูด, การอ่าน, การเขียนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะสอน
ด้านตรรกะ/ คณิตศาสตร์	ปริศนาลับสมอง, การแก้ปัญหามทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, การทดลองทางวิทยาศาสตร์, การคิดเลขในใจ, เกมเกี่ยวกับจำนวนตัวเลข, การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เครื่องคิดเลข, การจัดการทางคณิตศาสตร์, อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์, เกมคณิตศาสตร์	บอกจำนวน, คิดอย่างมีวิจารณญาณและการทดลองเกี่ยวกับสิ่งที่สอน, กรอบความคิดที่เป็นตรรกะ
ด้านมิติสัมพันธ์	กิจกรรมศิลปะ, เกมที่ใช้จินตนาการ, ฟังความคิด, คำอุปมาคำเปรียบเทียบ, การจินตนาการ	กราฟ, แผนผัง, วิดีโอ, ชุดตัวต่อเลโก้, สื่อทางศิลปะ, ภาพลวงตา, กล้องถ่ายรูป,	การมอง, การวาดรูป, การจินตนาการ, ระบายสี, และสร้างผังความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่สอน
ด้านร่างกาย/ การเคลื่อนไหว	การเรียนโดยใช้ของจริง, การเล่นละคร, การเต้นรำ, สอนด้วยความสนุกสนานใช้นันทนาการ, กิจกรรมที่ใช้การสัมผัส	เครื่องมือก่อสร้าง, ดินน้ำมัน, อุปกรณ์ กีฬา, แหล่งการเรียนรู้ที่สัมผัสจับต้องได้	การสร้าง, การแสดงท่าทาง, การสัมผัส, การแสดงความรู้สึกและการเต้นรำที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สอน
ด้านดนตรี	การเรียนโดยใช้จังหวะดนตรี, สอนโดยใช้เพลง	เครื่องบันทึกเทป, การสะสมเทป, เครื่องดนตรี	ร้องเพลง, เคะะจังหวะ, และฟังเพลงที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สอน
ด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น	การเรียนแบบร่วมมือ, เพื่อนช่วยตัว, การมีส่วนร่วมกับชุมชน, การรวมกลุ่มทางสังคม, การลอกเลียนแบบ	เกมกระดาน, การเลือกผู้แทน, อุปกรณ์สำหรับการแสดงบทบาทสมมติ	การสอน, การร่วมมือ, การมีปฏิสัมพันธ์ด้วยความเอาใจใส่ในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สอน

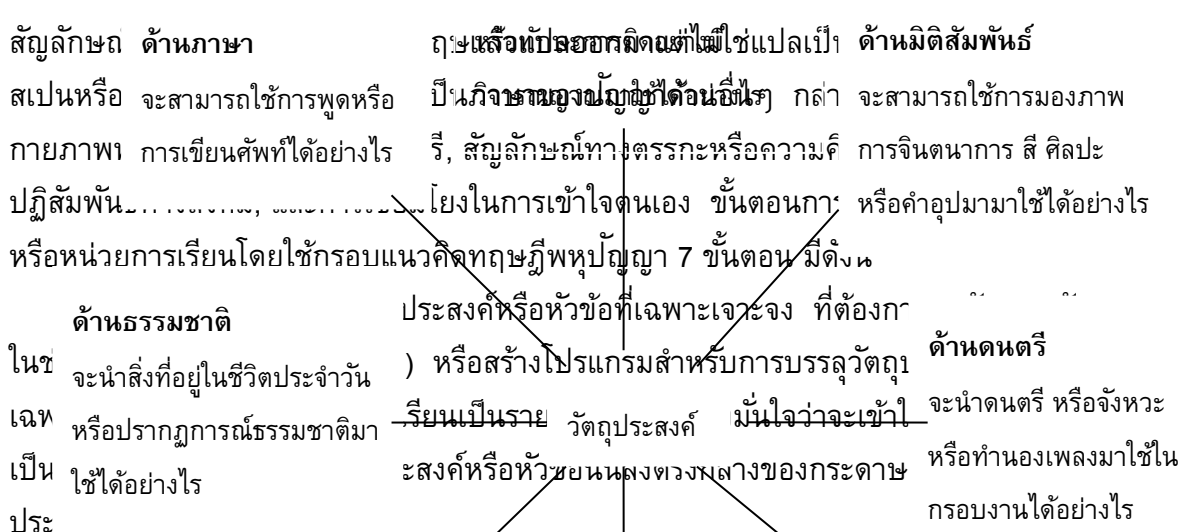
ตาราง 1 (ต่อ)

ปัญหา	ตัวอย่างกิจกรรมการสอน	ตัวอย่างสื่อที่ใช้ในการสอน	กลยุทธ์การสอน
ด้านความเข้าใจตนเอง	การสอนแบบรายบุคคล, การศึกษาอิสระ, การเลือกเรียนรายวิชา, การสร้างความนับถือตนเอง	สื่อที่ใช้ทดสอบตนเอง, บทความ, สื่อสำหรับการทำโครงการ	การเชื่อมโยงสิ่งที่สอนเข้ากับชีวิตส่วนตัว, ไตร่ตรองถึงสิ่งที่สอน,
ด้านธรรมชาติ	การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ, ความตระหนักที่เกี่ยวกับนิเวศวิทยา, ความห่วงใยในสัตว์	ต้นไม้, สัตว์ต่างๆ, เครื่องมือทางธรรมชาติ เช่น กล้องส่องทางไกล, เครื่องมือทำสวน	การเชื่อมโยงสิ่งที่สอนเข้ากับสิ่งมีชีวิตและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

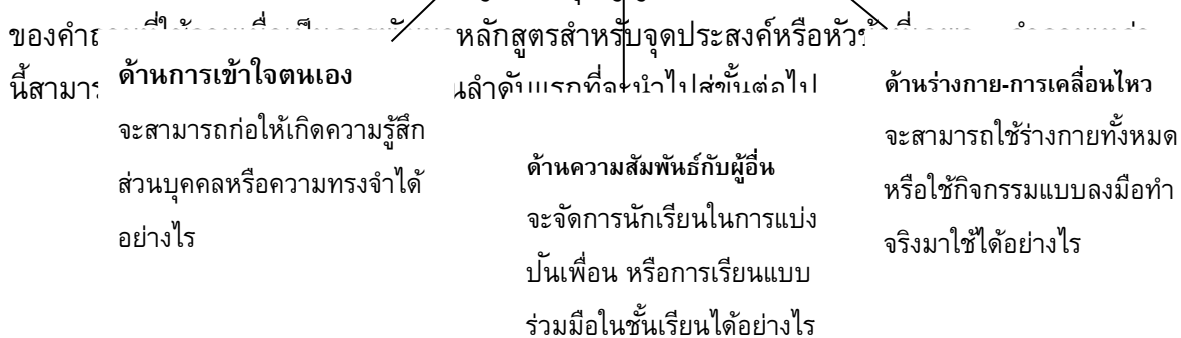
ที่มา : Armstrong.(2000). **Multiple intelligences in the classroom.** p. 41.

1.5.1 การสร้างแผนการจัดกิจกรรมตามทฤษฎีพหุปัญญา

อาร์มตรอง (Armstrong, 2000: 44-46) ได้กล่าวว่าวิธีที่ดีที่สุดที่จะไปถึงการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาคือใช้แนวคิดที่เชื่อว่าเราจะสามารถทำความเข้าใจกับสื่อที่ใช้สอนและเชื่อมโยงกับสื่ออื่นอีกต่างหากได้อย่างมีประสิทธิภาพหรืออีกนัยหนึ่งเราสามารถเชื่อมโยง



2. ถามคำถามที่สำคัญของพหุปัญญาในภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นถึงชนิด



ภาพประกอบ 1 คำถามในการวางแผนจัดกิจกรรมพหุปัญญา

ที่มา : Armstrong.(2000). **Multiple intelligences in the classroom.** p. 45.

3. พิจารณาความเป็นไปได้ ให้พิจารณาคำถามในภาพประกอบ 1 และรายการเทคนิคและสื่อของพหุปัญญาในตาราง 1 และต้องนึกถึงความเป็นไปได้อื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวเอาไว้ที่อาจนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม

4. ระดมความคิด เริ่มจากการเขียนรายการการสอนต่างๆที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละด้านของปัญญา ซึ่งจะต้องเจาะจงให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ต้องการ กฎข้อหนึ่งของการระดมความคิด คือ การเขียนรายการทุกอย่างที่มาจากความคิด โดยต้องมีความคิดประมาณ 20 หรือ 30 ความคิด และอย่างน้อยที่สุดต้องมีความคิดหนึ่งหรือสองความคิดสำหรับแต่ละด้านของปัญญา

5. เลือกกิจกรรมที่เหมาะสมที่สุดจากความคิดที่ได้มีไว้แล้วและให้เลือกความคิดที่เหมาะสมที่ใช้การได้มากที่สุดในการเรียนการสอน

6. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ใช้วิธีการที่จะไปให้ถึงจุดหมายที่ได้เลือกไว้ ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้หรือหน่วยการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหรือวัตถุประสงค์ที่ได้เลือกเอาไว้แล้ว

7. การนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ รวบรวมสื่อต่างๆที่จำเป็น เลือกเวลาที่เหมาะสมและนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่จำเป็นให้เข้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการนำไปใช้

และยังมีผู้ได้เสนอรูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญาไว้อีกหลายท่านดังนี้
 สุปราณี ไกรวัตนุสรณ์ และ คณาพร คมสัน(2544: 34-35) ได้เสนอรูปแบบการสอนด้วยพุทธิปัญญา ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นให้เกิดความสามารถด้านต่างๆ (Awaken the Intelligence) เป็นขั้นตอนเตรียมการเนื่องจากความสามารถทางปัญญาแต่ละระดับจะเกี่ยวข้องทั้งทางร่างกายและสมอง ดังนั้นการกระตุ้นหรือเตรียมการก็ต้องเกี่ยวข้องกับการฝึกปฏิบัติทั้งทางร่างกายและสมอง เพื่อเป็นการเตรียมการของความสามารถด้านนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความพร้อมที่จะดำเนินการตามขั้นต่อไป เช่น ถ้าเราต้องการกระตุ้นความสามารถในการมองเห็น/มิติสัมพันธ์ ก็ต้องให้เด็กได้ฝึกด้านการวาดรูป ระบายสี เป็นต้น

ในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. เพื่อสร้างความตระหนักถึงความสามารถทางปัญญาด้านต่างๆที่เรามีอยู่ และเพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้ด้านนั้นๆมากขึ้น
2. เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ถึงกลวิธีต่างๆ ในการเตรียมตัวหรือเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการขั้นต่อไปทั้งในระบบประสาทและทางร่างกาย

ขั้นที่ 2 ขั้นเสริมและพัฒนาความสามารถ (Amplifying the Intelligence) ความสามารถทางปัญญาแต่ละด้านสามารถพัฒนาและเสริมได้ ซึ่งเหมือนกับทักษะต่างๆ ถ้าเราฝึกฝนมากๆก็เกิดความชำนาญมาก

ในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อเสริมและพัฒนาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องในแต่ละด้าน เช่น ถ้าต้องการเสริมความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ก็ต้องได้รับการฝึกทักษะให้รู้จักฟังและให้กำลังใจผู้อื่น เป็นต้น

ในขั้นนี้มีเป้าหมายที่จะส่งเสริมความสามารถแต่ละด้านและวิธีการพัฒนา ซึ่งจะต้องทราบว่าแต่ละทักษะจะส่งเสริมและใช้ในการเรียนรู้เพิ่มเติมได้อย่างไร

ขั้นที่ 3 ขั้นการสอนให้เกิดความสามารถทางปัญญา (Teaching with Intelligence) เมื่อได้กระตุ้นทักษะหรือความสามารถด้านในด้านหนึ่ง และได้เสริมและฝึกทักษะที่

จะส่งเสริมให้เกิดความสามารถทางปัญญาแล้ว ก็มาถึงขั้นที่จะใช้ทักษะนั้นๆหาความรู้เพิ่มเติมหรือทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร

วัตถุประสงค์ของขั้นนี้ คือ ต้องใช้บทเรียนที่จะให้ผู้เรียนได้ใช้วิธีการเรียนรู้ได้หลายวิธีเพื่อจะบรรลุเป้าหมายส่วนรวม บทเรียนควรจะ让孩子ได้เรียนรู้โดยใช้ความสามารถทั้ง 8 ด้าน

ขั้นที่ 4 ขั้นการถ่ายโอนความรู้ (Transferring the Intelligence) เป็นการนำความรู้ต่างๆไปใช้ในชีวิตจริงและนำเอาความสามารถต่างๆมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆในชีวิตจริง และเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถทางสมอง เจตคติ และการเคลื่อนไหวของร่างกาย

สุรางค์ โค้วตระกูล (อาริยา จิตรมิตร.2544: 31-33 อ้างอิงจาก สุรางค์ โค้วตระกูล. 2541: 125-126) ได้ใช้รูปแบบการสอนของเดวิด ลาเซียร์ (David Lazear) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นสติปัญญา โดยใช้แบบฝึกหัดกระตุ้นแบบแผนของประสาทในสมองซึ่งเป็นรากฐานของสติปัญญาแต่ละด้าน เช่น ถ้าต้องการกระตุ้นระบบประสาทเกี่ยวกับสติปัญญา ด้านมิติสัมพันธ์ ก็อาจจะให้ชมวีดิทัศน์ รูปภาพ แผนภูมิ รวมทั้งแข่งขันเล่นเกมต่างๆ เป็นต้น

ขั้นที่ 2 เพิ่มหรือพัฒนาให้ดีขึ้น ถือว่าสติปัญญาก็เหมือนการฝึกทักษะต่างๆ ยิ่งทำยิ่งใช้ยิ่งคล่องยิ่งทำได้ดีขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของขั้นนี้คือพยายามเข้าใจว่าสติปัญญาแต่ละด้านทำหน้าที่อะไร ใช้ในทักษะอะไร และพยายามพัฒนาและส่งเสริมสติปัญญาที่ยังไม่พัฒนา เช่น การเพิ่มสติปัญญาด้านมนุษยสัมพันธ์ จะต้องให้โอกาสนักเรียนฝึกการเป็นผู้ฟังที่ดี การให้คำชมเมื่อผู้อื่นทำความดีหรือการไม่เอาเปรียบผู้อื่น เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การสอนอย่างใช้สติปัญญา ในขั้นนี้ครูจะต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนให้นักเรียนได้ใช้สติปัญญาทั้ง 8 ด้าน หรือมากกว่าที่จะเป็นไปได้ เช่น ครูสอนเรื่องการประดิษฐ์กิจกรรมการเรียนจะแสดงได้ดังนี้

ด้านภาษา : เขียนเกี่ยวกับสภาพสังคมที่ทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์

ด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ : สร้างเส้นทางเวลาของงานประดิษฐ์สมัยต่างๆ

ด้านมิติสัมพันธ์ : วาดรูปแสดงบริบททางสังคมและประวัติศาสตร์ของสิ่ง

ประดิษฐ์

ด้านร่างกาย : แสดงบทบาทสมมติเล่าเรื่องประวัติสิ่งประดิษฐ์

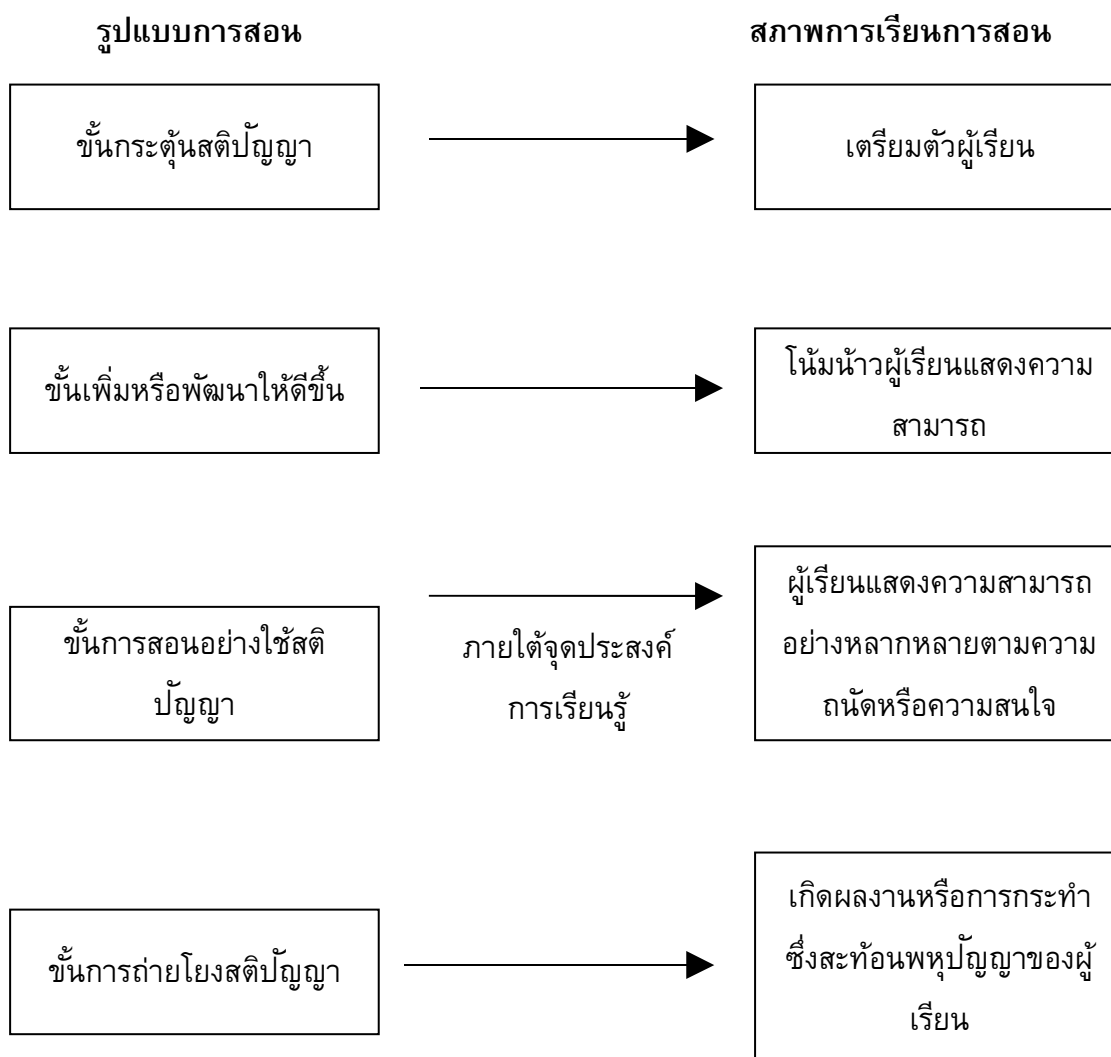
ด้านดนตรี : ฟังดนตรีเกี่ยวกับการประดิษฐ์สมัยต่างๆ

ด้านมนุษยสัมพันธ์ : จัดกลุ่มอภิปรายถึงสาเหตุที่เกิดมีการประดิษฐ์

ด้านตนเอง : ตอบคำถามว่า “ถ้าสามารถสร้างเครื่องจักรย้อนยุคได้ท่านเลือกไปสู่อุคใด”

ขั้นที่ 4 การถ่ายโอนสติปัญญา ขั้นนี้เป็นขั้นสุดท้ายของการพัฒนาสติปัญญา 8 ด้าน นักเรียนควรจะได้รับการส่งเสริมให้นำความสามารถต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ให้เป็นส่วนของสติปัญญา ความรู้สึก และพร้อมจะใช้สติปัญญาต่างๆในกิจกรรมชีวิตประจำวัน การจัดนิทรรศการเผยแพร่ผลงาน เผยแพร่ความรู้ การผลิตสิ่งประดิษฐ์ การแสดงละคร เป็นต้น
แนวการสอนดังกล่าวได้นำมาจัดเป็นแผนภูมิแสดงขั้นตอนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีพหุปัญญา ดังนี้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา

ที่มา: อาริยา จิตรมิตร. (2544). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนตามแนวพหุปัญญากับการสอนตามคู่มือครู. หน้า 33.

เยาวพา เตชะคุปต์ (2544: 6-7) ได้เสนอรูปแบบการสอนพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้ (Multiple Intelligence Model for Learning) โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมพัฒนาการทางพหุปัญญาทั้ง 8 ด้าน ซึ่งมีการจัดกิจกรรมตามหลักการ 5 ชั้น ใช้อักษรย่อว่า ACACA ดังมีความหมายต่อไปนี้

A ชั้นลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Active Learning) คือการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Hands-on) โดยมีการทดลอง ค้นคว้า เล่นเกม แก้ปัญหา การไปทัศนศึกษา ฯลฯ หรือที่เรียกกันว่าการเรียนรู้ตามสภาพจริง

C ชั้นการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมกับผู้อื่น (Cooperation Learning) คือการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น โดยการเรียนรู้มีส่วนร่วมในการเล่น การทำงาน และการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นหรือการทำงานกลุ่ม

A ชั้นการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ (Analysis) คือ การให้ผู้เรียนมีโอกาสวิเคราะห์ความรู้สึก ประสบการณ์ของตนเองขณะที่เรียนว่า ทำอะไร กับใคร ที่ไหน และรู้สึกอย่างไร

C ชั้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) คือ การให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้ที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง หรือ ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

A ชั้นการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีความหมาย (Application) คือ การที่ผู้เรียนสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาหรือกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

1.5.2 ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา

ฮันเตอร์ (Hunter, 2006: Online) ได้ศึกษาเรื่องการสร้างการเชื่อมโยงโดยการใช้ความสามารถทางพหุปัญญาในการวัดการประสบความสำเร็จในการสอนและการเรียนคณิตศาสตร์ โดยในตอนท้ายของการวิจัยได้ให้นักเรียนตอบคำถามที่ว่า “ให้คิดตัวอย่างจากการเรียนที่น่าสนใจในแต่ละด้านของพหุปัญญา” ซึ่งผลที่ได้มีดังต่อไปนี้

1. ความสามารถด้านภาษา เช่น ดูวิดีโอในชั้นเรียนที่เกี่ยวกับประวัติของแคลคูลัส โจทย์ปัญหาที่ให้นักเรียนการระดมความคิด การอธิบายเป็นรายบุคคล การบรรยายแบบมีอารมณ์ขัน การอธิบายความคิดรวบยอด การอ่าน การเขียน การพูด และการฟัง
2. ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ เช่น การให้เหตุผล การแก้ปัญหา พีชคณิต ความเข้าใจแคลคูลัสจากหลักการเบื้องต้น การแก้สมการและตรรกะ
3. ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ เช่น การวาดกราฟและชาร์ตต่างๆ ปริมาณที่เกิดขึ้นจากการหมุน พื้นที่ภายใต้เส้นโค้ง เรขาคณิตแบบยูคลิดและระนาบคาร์ทีเซียน วงกลมหนึ่งหน่วย ส่วนโค้งแทนเจนต์ เส้นจำนวน ตรีโกณมิติ และการวาดภาพ
4. ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว เช่น การเคลื่อนไหว การหมุนรอบแกน x และแกน y การวาดความชันบนเส้นโค้งด้วยมือ การทำงานแบบลงมือปฏิบัติ การทดสอบ และการทำแบบฝึกหัด

5. ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ เช่น การร้องเพลง ลำดับและอนุกรมตรีโกณมิติ การสมมาตร และคลื่นไซน์
6. ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น เช่น การทำงานเป็นกลุ่ม และการประชุมในการทำงาน
7. ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง เช่น การทำงานด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นตอน การบ้าน และการให้ความเห็นส่วนตัวเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย
8. ความสามารถด้านธรรมชาติ เช่น การเยี่ยมชมห้องสมุด สมการเอกซ์โปเนนเชียล โครงการต่างๆที่ต้องออกไปนอกห้องเรียน และปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

จากรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา ตามที่มีผู้ได้เสนอไว้ นั้นสามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีพหุปัญญาได้ดังนี้ โดยที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีพหุปัญญา เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน โดยการเชื่อมโยงจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์กับความสามารถทั้ง 8 ด้านของทฤษฎีพหุปัญญา อันได้แก่ ความสามารถด้านภาษา ความสามารถด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ความสามารถด้านการเข้าใจตนเองและความสามารถด้านธรรมชาติ โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้วิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ เน้นการเรียนการสอนให้มีการพัฒนาความสามารถทั้ง 8 ด้านและนำความสามารถเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่างๆ เป็นการกระตุ้นเตรียมความสามารถเพื่อให้เกิดความพร้อมที่จะการดำเนินการขั้นต่อไป เช่น ถ้าต้องการกระตุ้นความสามารถด้านดนตรี ก็อาจจะให้เด็ก ๆ ร้องเพลงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่กำลังจะเรียนหรือทบทวนเนื้อหาที่เรียนมาแล้ว

ขั้นที่ 2 ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่างๆ เป็นการพัฒนาและนำความสามารถในด้านต่างๆไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ โดยครูจะต้องออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถให้ครบทั้ง 8 ด้านหรือให้มากที่สุด โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นการถ่ายโอนความรู้ เป็นการนำความรู้ต่างๆไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 4 ขั้นการนำเสนอผลงาน เป็นการนำเสนอผลงานของนักเรียนต่อครูและเพื่อนร่วมชั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการวัดประเมินผล ครูและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อผลงาน และการปฏิบัติกิจกรรม

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics: NCTM) เป็นองค์กรที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในการสอนและการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับชั้น อนุบาลถึงเกรด 12 ในปี 1989 สภาครุคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาได้เป็นผู้นำในการจัดเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ โดยได้สร้างมาตรฐานเนื้อหาวิชาสำหรับนักเรียนชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics)(NCTM. 1989: Unpaged) และตามมาด้วยมาตรฐานสำหรับการสอนคณิตศาสตร์ (Professional Standards for Teaching Mathematics) ในปี 1991 (NCTM. 1991: Unpaged) และมาตรฐานสำหรับการวัดผล (Assessment Standards for School Mathematics) ในปี 1995 (NCTM. 1995: Unpaged) และได้ปรับปรุงมาตรฐานครั้งสุดท้ายและออกเผยแพร่ในเดือนสิงหาคมปี 2000 (Principles and Standards for School Mathematics)(NCTM. 2000: Unpaged)

2.1 ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้มีสถาบันเกี่ยวกับการศึกษาและนักวิชาการทางคณิตศาสตร์ต่างๆได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้หลายท่านดังนี้

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 146) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงไว้ว่า การเชื่อมโยงคือการสัมพันธ์เชื่อมต่อกันภายในวิชาคณิตศาสตร์และระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงที่สำคัญๆ 2 ชนิดคือ

1. รูปแบบการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกจริงหรือในศาสตร์อื่นที่นอกเหนือจากในวิชาคณิตศาสตร์และการดำเนินการแทนทางคณิตศาสตร์เอง
2. การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระหว่างการดำเนินการที่สมมูลกันสองอย่างและระหว่างกระบวนการที่สอดคล้องกันในแต่ละอัน

คณะกรรมการการศึกษานิวเจอร์ซีย์ (New Jersey State Board of Education. 1996: Online) ได้กล่าวไว้ว่า การเชื่อมโยงคือความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาที่ต่างกันและเขียนความสัมพันธ์เหล่านั้นในการศึกษาต่อไปได้ ในการประยุกต์ภายในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์นี้ นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจระหว่างเศษส่วนและทศนิยม หรือระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิต การประยุกต์เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับเนื้อหาวิชาอื่น นักเรียนจะต้องเข้าใจการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษาและศิลปะ และในการประยุกต์เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับโลกจริง นักเรียนจะต้องสามารถเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนไปยังชีวิตประจำวันได้

ไฮดี้ (Hyde. 2007: 46) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงเป็นหัวใจของวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีการเชื่อมโยง 3 รูปแบบคือ

1. การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์เอง คือ การเชื่อมโยง ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์กับความรู้หรือประสบการณ์ที่มีก่อนหน้า

2. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับโลกจริง คือ การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในโลกจริง วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา

3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับสาขาวิชาอื่น คือ การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และระหว่างคณิตศาสตร์สาขาอื่นๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2551: 98) ได้ให้ ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระและหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

กล่าวโดยสรุป การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้ ความคิดรวบยอด และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาสัมพันธ์กับสถานการณ์ต่างๆ หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกันได้ โดยแบ่งออกเป็นการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับโลกจริงหรือในชีวิตประจำวัน

2.2 มาตรฐานของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989:146) ได้กำหนดมาตรฐานของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Connections) ไว้ดังนี้

ในการเรียนหลักสูตรคณิตศาสตร์นักเรียนในระดับอนุบาลถึงเกรด 12 จะรวมถึงการเชื่อมโยงและการมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างเนื้อหาต่างๆทางคณิตศาสตร์และการนำไปใช้ ดังนั้นนักเรียนทั้งหมดสามารถ

1. ตระหนักถึงการดำเนินการที่เท่ากันของความคิดรวบยอดเดียวกันได้
2. หาคความสัมพันธ์ของวิธีการในการดำเนินการหนึ่งไปยังการดำเนินการที่เท่ากันได้
3. รู้จักใช้และให้ความสำคัญของการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆทางคณิตศาสตร์ได้
4. รู้จักใช้และให้ความสำคัญของการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆได้

ในปี 1996 คณะกรรมการการศึกษานิวเจอร์ซีย์ (New Jersey State Board of Education. 1996: Online) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ นักเรียนชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 ทั้งหมดจะเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์ไปยังการเรียนรู้อื่น โดยเข้าใจถึงความ

สัมพันธ์ซึ่งกันของความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และบทบาทที่จะนำวิชาคณิตศาสตร์และรูปแบบทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับศาสตร์อื่นและในชีวิตประจำวันได้

ต่อมาในปี 2000 สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: Online) ได้มีการกำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยงใหม่ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนทุกคนสามารถ

1. ระลึกและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์ได้ในการสอนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถช่วยนักเรียนสร้างความเคยชินในการใช้การเชื่อมโยงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แทนที่จะมองคณิตศาสตร์โดยแยกความคิดรวบยอดและทักษะต่างๆออกจากกัน ซึ่งครูควรมีคำถามนำกับนักเรียนว่า เช่น “รูปสามเหลี่ยมคล้ายที่เราเรียนในวันนี้จะสัมพันธ์กับการเขียนมาตราส่วนที่เราได้เรียนไปในสัปดาห์ที่แล้วอย่างไร” ซึ่งนักเรียนจะต้องทราบถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้อย่างแน่ชัด

การเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์ควรแพร่หลายในประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนทุกระดับชั้น ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์จะถูกนำมาใช้กับนักเรียนที่ก้าวเข้ามาในโรงเรียนเป็นครั้งแรก โดยจะต้องบูรณาการคณิตศาสตร์ในหลายๆบริบทอย่างต่อเนื่องในโรงเรียน เด็กๆสามารถเรียนรู้ที่จะตระหนักถึงแบบรูปทางคณิตศาสตร์ในจังหวะของเพลงที่พวกเขาร้อง วิเคราะห์รูปหกเหลี่ยมของรวงผึ้ง และนับจำนวนครั้งที่เขาสามารถกระโดดเชือกได้สำเร็จ เมื่อก้าวเข้าสู่เกรด 3-5 กิจกรรมคณิตศาสตร์ของพวกเขาจะขยายไปสู่บริบทที่เป็นนามธรรมมากขึ้น พวกเขาจะเริ่มเรียนรู้การเชื่อมโยงระหว่างการดำเนินการของตัวเลข ความเข้าใจ เช่น การคูณสามารถทำได้โดยใช้การบวกซ้ำๆกันได้อย่างไร ในขณะที่พวกเขาเรียนรู้ว่าการดำเนินการทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในบริบทต่างๆกันได้อย่างไร พวกเขาจะสามารถพัฒนาความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้ ในเกรด 6-8 นักเรียนจะเห็นวิชาคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีแนวคิดที่เชื่อมโยงกัน แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญในระดับนี้คือการเชื่อมโยงภายในตัวเอง และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้นที่จะนำไปใช้ในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่มากขึ้นทุกวัน ในเกรด 9-12 นักเรียนไม่เพียงแต่เรียนรู้ที่จะเชื่อมโยง แต่พวกเขายังต้องเรียนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยการใช้บริบทหนึ่งแล้วนำไปแก้ปัญหาในบริบทอื่นๆ

ตลอดทั้งระดับชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 นักเรียนจะถามตัวเองอยู่เสมอว่า “ปัญหานี้หรือเนื้อหาคณิตศาสตร์นี้คล้ายกับสิ่งที่ได้เรียนมาอย่างไร” จากมุมมองของการเชื่อมโยงความรู้ใหม่จะดูเหมือนว่าเป็นการขยายมาจากความรู้เดิมที่ได้เรียนมา นักเรียนจะได้ใช้สิ่งที่เรียนมาแล้วกับสถานการณ์ใหม่ๆ นักเรียนระดับประถมศึกษาจะโยงความรู้ในการลบเลขจำนวนเต็มไปสู่การลบทศนิยมหรือเศษส่วน ในเกรด 6-8 นักเรียนจะตระหนักและเชื่อมโยงการดำเนินการที่หลากหลายของแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเดียวกัน อย่างเช่นอัตราส่วนที่แสดงถึงอัตราของการเปลี่ยนแปลงและความโน้มเอียงหรือความชันของเส้น ส่วนในระดับมัธยมปลายนักเรียนจะใช้การเชื่อมโยงในเนื้อหาพีชคณิตและเรขาคณิต

กิจกรรมบางกิจกรรมก็สามารถก่อให้เกิดการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบวงของวงกลมที่สามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ตรง โดยการรวบรวมสิ่งของที่มีลักษณะเป็นวงกลมแล้วทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบวงของสิ่งนั้น ในเกรด 6-8 นักเรียนอาจจะเก็บข้อมูลและวาดกราฟของตัวแปรสองตัว ได้แก่ เส้นรอบวง C และเส้นผ่านศูนย์กลาง d โดยการให้นักเรียนสังเกตจุดที่ที่อยู่ใกล้เส้นตรงที่ลากผ่านจุด $(0,0)$ ซึ่งเสนอแนะได้ว่าอัตราส่วนระหว่าง C/d จะมีค่าคงที่ กิจกรรมนี้จะนำไปสู่การเฉลี่ยค่าของ C/d ที่ได้ที่จะมีค่าระหว่าง 3.1 และ 3.2 ซึ่งเป็นการประมาณค่า π อย่างคร่าวๆ ปัญหานี้จะเกี่ยวข้องกับการนำความรู้เรื่องการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล เรขาคณิต พีชคณิตและจำนวนมาใช้

2. เข้าใจถึงการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันได้อย่างไรและนำความรู้ที่มีไปสร้างความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับของเดิมได้

ในขณะที่นักเรียนมีความก้าวหน้าขึ้นไปโดยผ่านประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ความสามารถในการเข้าใจโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกันในสถานการณ์ที่ต่างกัน จะเพิ่มมากขึ้น ในระดับอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนจะตระหนักถึงการนับ จำนวนและรูปทรง ในระดับชั้นประถมศึกษาขึ้นมา นักเรียนจะหาคำตอบในตัวอย่างของการดำเนินการของตัวเลข และในระดับเกรด 6-8 นักเรียนหาคำตอบในกรณีที่เกี่ยวข้องกับจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ในระดับมัธยมปลายนักเรียนพร้อมที่จะใช้การเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้พบมามากมาย

ในขณะที่นักเรียนพัฒนามุมมองของวิชาคณิตศาสตร์เป็นการเชื่อมโยงความรู้และบูรณาการกันทั้งหมด พวกเขาจะมองทักษะและความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ว่ามีจุดประสงค์ที่แยกจากกันน้อยลง ถ้าเกิดความเข้าใจในความคิดรวบยอดก็จะเชื่อมโยงไปยังกระบวนการต่างๆได้ ในการบูรณาการกระบวนการต่างๆและความคิดรวบยอดนั้นถือเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน

3. ระลึกและประยุกต์ใช้วิชาคณิตศาสตร์ในบริบทอื่นที่นอกเหนือจากในวิชาคณิตศาสตร์ได้ ประสบการณ์การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในทุกๆระดับชั้นจะรวมถึงโอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในบริบทอื่นที่นอกเหนือจากการเรียนในวิชา การเชื่อมโยงเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและศาสตร์อื่นเช่นเดียวกับเชื่อมโยงในชีวิตประจำวันด้วย ในระดับอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์เบื้องต้นโดยผ่านการเรียนรู้ในโลกจริง นักเรียนในเกรด 3-5 ควรจะประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญในวิชาอื่นๆได้ และแนวคิดเหล่านี้จะมีการใช้มากขึ้นในเกรด 6-8 ส่วนในเกรด 9-12 นักเรียนควรจะมีความมั่นใจในการใช้วิชาคณิตศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้นในโลกภายนอก

มีโอกาสมากมายสำหรับนักเรียนเพื่อเกิดประสบการณ์การใช้คณิตศาสตร์ในบริบทที่สำคัญ วิชาคณิตศาสตร์ถูกใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา เกษตรศาสตร์ และทางธุรกิจ การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เชื่อมโยงในเนื้อหาวิชาเท่านั้น ยัง

รวมถึงการเชื่อมโยงกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย กระบวนการและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์สามารถก่อให้เกิดการแก้ปัญหาที่ประยุกต์มาจากการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติมีประโยชน์ในการช่วยนักเรียนให้เข้าใจประเด็นปัญหาที่สัมพันธ์กับชีวิตของพวกเขา นักเรียนในระดับอนุบาลถึงเกรด 2 เรียนรู้ได้โดยใช้กิจกรรมจากปฏิทิน โดยสามารถเก็บข้อมูลจากสภาพอากาศ โดยจดบันทึกวันที่ฝนตก วันที่ฟ้าครึ้ม หรือวันที่อากาศแจ่มใส พวกเขาสามารถจดบันทึกข้อมูล นับวัน ลงความเห็นเกี่ยวกับสภาพอากาศและทำนายสภาพอากาศในอนาคต นักเรียนในเกรด 3-5 สามารถใช้อินเทอร์เน็ตร่วมกับนักเรียนในห้องเรียนอื่นๆ เพื่อเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับฝนกรด การตัดไม้ทำลายป่า และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อื่นๆ โดยที่นักเรียนในเกรด 9-12 ควรจะสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลและรูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อเข้าใจปัญหาสังคมและปัญหาเกี่ยวกับสถานที่ทำงานในการใช้เหตุผลเชิงลึก

กล่าวโดยสรุปได้ว่า มาตรฐานในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญคือ การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์กับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ได้ เชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้ และสามารถเชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันได้

2.3 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ

2.3.1 การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์

คณะกรรมการการศึกษาแห่งรัฐนิวเจอร์ซีย์ (New Jersey State Board of Education. 1996: Online) ได้กล่าวไว้ว่า ความสำคัญหนึ่งของการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์คือ การรวมความคิดทางคณิตศาสตร์เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งจะแสดงออกมาเมื่อได้เรียนรู้เนื้อหาในระดับที่สูงขึ้นไป พวกเขาจะโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์เข้าไว้ด้วยกัน แสดงให้เห็นหลักการในการทำงานของความสัมพันธ์ทั้งหลายและแสดงได้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร การเชื่อมโยงความคิดจะเกิดขึ้นโดยการใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ก่อนและหลักสูตรที่ออกแบบเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในแต่ละระดับชั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 99) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์เป็นการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือกะทัดรัดขึ้นและทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากขึ้น โดยได้เสนอการเชื่อมโยงใน 2 ลักษณะคือ การเชื่อมโยงด้านเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงด้านวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในทางปฏิบัติทั้งสองด้านนี้ไม่สามารถแยกจากกันได้โดยเด็ดขาด แต่แยกแยะตัวอย่างเพื่อแยกแ่งการทำทำความเข้าใจ

ในตัวอย่างการเชื่อมโยงด้านเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ (สสวท. 2551: 101-102) จะใช้การเชื่อมโยงสาระจำนวนกับพีชคณิต โดยให้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอันดับ

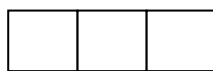
ของรูป (รูปที่) กับความยาวรอบรูป ดังภาพประกอบที่ 3 ที่ได้กำหนดแบบรูปให้ แล้วตอบคำถาม



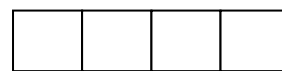
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4

รูปที่	ความยาวรอบรูป (หน่วย)
1	$4 = 2 + (2 \times 1)$
2	$6 = 2 + (2 \times 2)$
3	$8 = 2 + (2 \times 3)$
4	$10 = 2 + (2 \times 4)$
:	:
n	

ภาพประกอบ 3 แบบรูปที่กำหนดให้ เพื่อตอบคำถาม

จากภาพประกอบ 3 ได้กำหนดคำถามไว้ดังนี้ ข้อที่ 1 รูปที่ 50 มีความยาวรอบรูปกี่หน่วย ข้อที่ 2 เมื่อ n แทนจำนวนนับจำนวนหนึ่ง รูปที่ n มีความยาวรอบรูปกี่หน่วย และข้อที่ 3 รูปที่มีความยาวรอบรูป 30 หน่วย เป็นรูปที่เท่าไร ซึ่งปัญหานี้ต้องสังเกตแบบรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของรูป (รูปที่) กับความยาวรอบรูปตามแบบรูปที่กำหนด ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจำนวนมาตอบคำถามข้อที่ 1 เขียนความยาวรอบรูปในรูปของตัวแปร n เพื่อตอบคำถามข้อที่ 2 และจากผลข้อที่ 2 นำมาเขียนเป็นสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เพื่อนำสมการไปใช้ตอบคำถามข้อที่ 3 ดังนี้ ในข้อที่ 1 รูปที่ 50 จะหาความยาวรอบรูปได้จาก $2 + (2 \times 50) = 102$ หน่วย ในข้อที่ 2 รูปที่ n มีความยาวรอบรูปเป็น $2 + 2n$ หน่วย ส่วนในข้อที่ 3 ใช้การหาค่า n โดยมีผลลัพธ์เป็น 30 ดังสมการ $2 + 2n = 30$ แล้วแก้สมการหาค่า n ซึ่งจะได้คำตอบเป็น 14

และในส่วนของตัวอย่างการเชื่อมโยงด้านวิธีการทางคณิตศาสตร์ (สสวท. 2551: 111-112) ได้แสดงการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนร้อยละโดยวิธีการเขียนสมการ โดยถ้าต้องการครีมแต่งหน้าเค้กตามสูตร ที่ใช้นมสดที่มีไขมันเนย 40% จำนวน 3 ถ้วยตวง แต่มีนมสดที่มีไขมันเนย 60% กับนมสดที่มีไขมันเนย 30% จะต้องผสมนมสดทั้งสองชนิดอย่างไรจึงจะได้นมสดตามสูตรที่ระบุไว้ สำหรับปัญหานี้จะเห็นว่าต้องใช้วิธีการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมที่คิดเป็นร้อยละกับปริมาณที่คิดเป็นถ้วยตวง จึงจะหาคำตอบได้ดังแนวคิดดังต่อไปนี้ สมมติให้ใช้นมสด ที่มีไขมันเนย 60% จำนวน x ถ้วยตวง จะได้ไขมันเนย ถ้วยตวง และจะต้องใช้นมสด ที่มีไขมันเนย 30% จำนวน $4 - x$ ถ้วยตวง จะได้ไขมันเนย

ถั่วตวง สำหรับในการผสมครั้งนี้จะมีจำนวนไขมันเนยทั้งหมด

ถั่วตวง ในที่นี้ต้องการผสมให้ได้นมสดที่มีไขมันเนย 40% จำนวน 4 ถั่วตวง ซึ่งคิดเป็นไขมันเนย $\frac{40}{100} \cdot 4 = \frac{16}{10}$ ถั่วตวง จะเขียนเป็นสมการได้เป็น $\frac{6x}{10} + \frac{3(4-x)}{10} = \frac{16}{10}$ จากสมการจะแก้ได้ $x = \frac{4}{3}$ หรือ $1\frac{1}{3}$ ดังนั้น ในการผสมครั้งนี้ต้องใช้นมสดไขมันเนย 60% จำนวน $1\frac{1}{3}$ ถั่วตวง

และใช้นมสดไขมันเนย 30% จำนวน $2\frac{2}{3}$ ถั่วตวง

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการช่วยแก้ปัญหาให้ได้หลากหลายวิธี เพื่อให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจและเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมายมากขึ้น

2.3.2 การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 147) ได้กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะเป็นความสามารถในการคิดและอนุมานข้ามหัวข้อต่างๆได้ พวกเขาควรมีการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และกระบวนการใหม่ๆที่สามารถประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวิชาคณิตศาสตร์ และจากศาสตร์อื่นๆได้ ซึ่งจะประยุกต์การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. เชื่อมโยงกับศิลปะ ใช้การสมมาตร มุมมอง การดำเนินการทางมิติสัมพันธ์ แบบรูป (รวมถึงแฟรคทัล) เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะได้
2. เชื่อมโยงกับชีววิทยา ใช้การวัดในการแยกแยะปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ
3. เชื่อมโยงกับธุรกิจ ใช้การจัดการเครือข่ายการติดต่อสื่อสารได้อย่างเหมาะสม
4. เชื่อมโยงกับศิลปอุตสาหกรรม ใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการช่วยการคำนวณ ออกแบบ การวาดหรือรูปแบบของวัตถุที่มีลักษณะเป็นสามมิติ เช่น ออกแบบบ้าน
5. เชื่อมโยงกับเภสัชศาสตร์ ออกแบบรูปแบบในการฉีดวัคซีนเพื่อกำจัดเชื้อโรคติดต่อ
6. เชื่อมโยงกับฟิสิกส์ ใช้เวกเตอร์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับเรื่องแรง
7. เชื่อมโยงกับสังคมวิทยา ใช้เทคนิคทางสถิติในการทำนายและวิเคราะห์ผลการเลือกตั้ง

คณะกรรมการการศึกษาแห่งรัฐนิวเจอร์ซีย์ (New Jersey State Board of Education. 1996: Online) ได้กล่าวไว้ว่า นักเรียนจะต้องพัฒนาความเข้าใจในการเชื่อมโยง

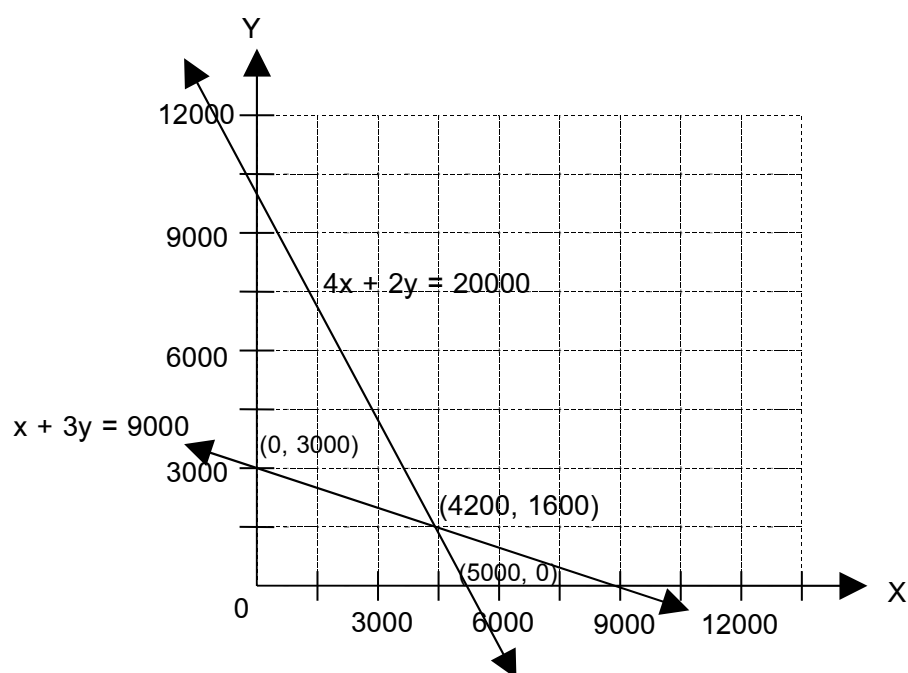
ความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น วิชาคณิตศาสตร์ถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในศาสตร์อื่นๆ อยู่เสมอ ในวิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนจะใช้การวัดปริมาณและวิเคราะห์ข้อมูล ในวิชาสังคมศึกษาจะใช้ การนับและวิเคราะห์ข้อมูล และสร้างทางเลือกโดยการใช้องค์คณิตศาสตร์ที่สครีต ในวิชาศิลปะพวกเขา จะใช้คณิตศาสตร์ในการออกแบบและแสดงมุมมอง ส่วนในศาสตร์อื่นๆ สามารถจัดหาบริบทที่ น่าสนใจในการเรียนโดยใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ๆ ตัวอย่างเช่น นักเรียนจะเรียนรู้เกี่ยวกับการ สมมาตรโดยการวาดออกแบบสิ่งๆ ที่สมมาตรกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2551: 114-116) ได้กล่าวไว้ว่า การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยา และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ทำให้การเรียน คณิตศาสตร์น่าสนใจมีความหมายและนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งวิชา คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อศาสตร์อื่นๆ มาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทาง วิทยาศาสตร์ จันคาร์ล ฟรีดริช เกาส์ (Carl Friedrich Gauß) ถึงกับกล่าวว่าคณิตศาสตร์เป็นราชินี ของวิทยาศาสตร์ (Mathematics is the Queen of the Sciences) คาร์ล ฟรีดริช เกาส์ (Carl Friedrich Gauß) เป็นนักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันผู้เป็นที่ยอมรับกันว่ายิ่งใหญ่ที่สุดในยุคปัจจุบัน ผลงานที่เกาส์ได้เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสร้างสรรค์ในทาง คณิตศาสตร์ที่สำคัญเป็นผลงานในพีชคณิต การวิเคราะห์ เรขาคณิต ตรีโกณมิติ ทฤษฎีจำนวน การ วิเคราะห์เชิงตัวเลข ความน่าจะเป็นและสถิติ ในทางวิทยาศาสตร์เขาเป็นนักฟิสิกส์และนัก ดาราศาสตร์และที่สำคัญเป็นผู้คิดค้นกฎของเกาส์สำหรับสนามไฟฟ้าและกฎของเกาส์สำหรับสนาม แม่เหล็ก ทั้งสองกฎเป็นกฎพื้นฐานในการประยุกต์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสำคัญในการ ศึกษาทางฟิสิกส์มาจนถึงปัจจุบันนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551:125) ได้ยกตัวอย่าง การใช้องค์คณิตศาสตร์ในเศรษฐศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์การลงทุน โดยการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นตาราง อสมการ และกราฟช่วยในการวิเคราะห์การลงทุน เพื่อวิเคราะห์จำนวนผลิตสินค้าที่ ทำให้มีผลกำไรมากที่สุด ดังตัวอย่างของบริษัทแห่งหนึ่ง ผลิตน้ำอัดลมชนิด M และชนิด N โดยที่ ชนิด M แต่ละขวดให้หัวเชื้อน้ำตาล 4 กรัม กับหัวเชื้อน้ำส้ม 1 กรัม ส่วนชนิด N แต่ละขวดใช้หัว เชื้อน้ำตาล 2 กรัม กับหัวเชื้อน้ำส้ม 3 กรัม ถ้าในแต่ละวัน บริษัทมีหัวเชื้อน้ำตาลเพียง 20,000 กรัม และหัวเชื้อน้ำส้มเพียง 9,000 กรัม เท่านั้น ในการจำหน่ายน้ำอัดลม บริษัทจะได้กำไรจากน้ำอัดลม ชนิด M ขวดละ 0.50 บาท และชนิด N ขวดละ 0.75 บาท อยากทราบว่าทางบริษัทควรผลิตน้ำ อัดลมชนิด M และชนิด N วันละกี่ขวด จึงจะได้กำไรมากที่สุดและเป็นเงินเท่าไร

จากตัวอย่างจะสมมติให้ P แทน กำไรเป็นบาท, x แทน จำนวนขวดของน้ำอัดลม ชนิด M และ y แทน จำนวนขวดของน้ำอัดลมชนิด N ซึ่งจะเขียนสมการแสดงกำไรจากการขายน้ำ อัดลมได้เป็น $P = 0.50x + 0.75y$ และเขียนอสมการแสดงความสัมพันธ์และกราฟได้ดังนี้ อสมการแสดงการใช้หัวเชื้อน้ำตาล คือ $4x + 2y \leq 20000$ และอสมการแสดงการใช้หัวเชื้อน้ำส้ม

คือ $x + 3y \leq 9000$ กราฟที่ใช้นำเสนอมีลักษณะดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขวดน้ำอัดลมกับกำไร

จากนั้นก็ตรวจสอบค่า P โดยแทนค่า x และค่า y จากจุดยอดมุมของพื้นที่ภายใต้เส้นตัด ใน $P = 0.5x + 0.75y$ ดังนี้

(x, y)	$P = 0.50x + 0.75y$
(0, 0)	0
(5000, 0)	2,500
(4200, 1600)	3,300
(0, 3000)	2,250

ภาพประกอบ 5 การแทนค่า x และค่า y จากจุดยอดมุมของพื้นที่ภายใต้เส้นตัด

จากภาพประกอบทั้งสองสรุปได้ว่า ถ้าจะขายน้ำอัดลมให้ได้กำไรมากที่สุด ควรผลิตน้ำอัดลมชนิด M 4,200 ขวด ชนิด N 1,600 ขวด ซึ่งจะได้กำไรมากที่สุดเป็น 3,300 บาท

จากที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่า การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็น

เหตุเป็นผลกับวิชาอื่นๆที่นอกเหนือจากวิชาคณิตศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

2.3.3 การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง

องค์กรความร่วมมือทางคณิตศาสตร์รัฐนิวเจอร์ซีย์ (New Jersey Mathematics Coalition. 1996: Online) ได้กล่าวว่า การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้จะช่วยอธิบายถึงสถานการณ์ในโลกจริงและทำนายผลที่จะตามมาโดยใช้พื้นฐานของแบบจำลองได้ ในเด็กเล็กๆ ก็สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์จริงได้ เช่น การนับลูกอมหรือคุกกี้หรือจับคู่แก้วกาแฟกับจานรองแก้ว เพื่อยืนยันว่าการเชื่อมโยงสิ่งที่อยู่ภายนอกโรงเรียนกับสิ่งที่เรียนในโรงเรียนมีความสำคัญ นักเรียนที่โตขึ้นมาจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปพร้อมๆกับการพัฒนาความคิดรวบยอดของฟังก์ชันและตัวแปร ซึ่งแนวคิดเหล่านี้จะค่อยๆเพิ่มขึ้นไปเมื่อพวกเขาโตขึ้นและมีการใช้ความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น นักเรียนที่ต่างระดับชั้นกันสามารถใช้ประสบการณ์ในการยื่นร้ออาหารโดยสำรวจความสัมพันธ์ทั่วไป เช่น เวลาที่รอ จำนวนคนที่รอ ตำแหน่งของคนสุดท้ายที่รอ และเวลาที่แต่ละคนใช้ซื้อคูปองอาหาร นักเรียนที่โตกว่าจะสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณเวลาที่ต้องรอ คิดวิธีและประเมินการแก้ปัญหาที่พวกเขาได้คิดขึ้น เพื่อที่ทุกคนจะได้ซื้ออาหารกลางวันได้เร็วขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2551: 127) ได้กล่าวว่า จะสังเกตได้ว่า ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วไปต้องเกี่ยวข้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์อยู่ตลอดเวลา เช่น ตื่นขึ้นมาก็ต้องดูเวลา ต้องประมาณเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆ ในการขับรถก็ต้องเกี่ยวข้องกับอัตราเร็วของรถ ต้องเกี่ยวข้องกับเงินที่ใช้จ่ายและเงินทอนในการซื้อสินค้า ฯลฯ สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นเครื่องยืนยันได้ว่าคณิตศาสตร์มีอยู่รอบๆตัวของเราและเราได้ใช้คณิตศาสตร์ในทุกๆวันโดยไม่รู้ตัว

กล่าวสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มี 3 ลักษณะ คือ

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการช่วยแก้ปัญหาให้ได้หลากหลายวิธี เพื่อให้ให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจและเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมายมากขึ้น

2. การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับวิชาอื่นๆที่นอกเหนือจากวิชาคณิตศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง คือ การนำเอา ความรู้ เนื้อหา ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับสถานการณ์จริงใน

ชีวิตประจำวัน

2.4 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

กรมวิชาการ (2546: 200-202) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อให้ ผู้เรียนมีความรู้และนำความรู้ไปศึกษาต่อ นั้น จำเป็นต้องเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และยังต้องมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และแก้ปัญหา

ไพพยอม พิมพ์พาเรือ(2549: 1-3) ได้กล่าวถึงการพัฒนาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า องค์ประกอบหลักที่พัฒนาการเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ มีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี
3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย
4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย
5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้นผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน และเพื่อให้ผู้เรียนได้มีการปฏิบัติจริงและมีทักษะกระบวนการการเชื่อมโยงนี้ ผู้สอนอาจมอบหมายงานหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้นแล้วนำเสนองานต่อผู้สอนและผู้เรียน ให้มีการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา(พงศธร มหาวิทยาลัย. 2550: 52; อ้างอิงจาก NCTM. 1989: 359) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือนักเรียนเกรด 9-12 ว่า มีวิธีการมากมายที่ครูสามารถช่วยนักเรียนค้นหาและนำมาซึ่งการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหานี้นับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะว่าเป็นไปไม่ได้ที่นักเรียนทำการเชื่อมโยงได้เอง ครูจำเป็นต้องเริ่มในการบูรณาการแต่ละปัญหา เพราะวัตถุประสงค์ของการสอนโดยส่วนมากมุ่งเน้นที่ขอบเขตของเนื้อหา มีการจัดหลักสูตรแยกออกจากกัน เช่น เรขาคณิต พีชคณิต และสถิติ ครูจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ความชำนาญในการทำการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์และช่วย

ให้นักเรียนพัฒนาความสามารถของพวกเขา และสิ่งหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการให้ความช่วยเหลือนักเรียนทำการเชื่อมโยง คือ การสร้างบรรยากาศของชั้นเรียนให้มีการเข้าถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ และถ้านักเรียนทำผิดไม่ควรบอกว่าผิดแล้วปล่อยให้ผ่านไป ครูควรจะช่วยให้นักเรียนได้พบแก่น (ข้อเท็จจริง) ของแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งบางทีอาจจะนำไปสู่วิธีการใหม่ๆ และเกิดการเชื่อมโยงขึ้น นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้พิจารณาและเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับกลุ่มอื่น แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

วราภรณ์ มีหนัก (วรัญญา ไชยลา. 2550: 37; อ้างอิงจาก วราภรณ์ มีหนัก. 2545: 35) ได้กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ผู้สอนควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการเชื่อมโยงทั้งในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

มีผู้ที่ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายท่าน ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrance. 1966: 8) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความรู้สึกที่ไวต่อปัญหา ข้อบกพร่อง ความรู้ที่ขาดหายไป ความขัดแย้งและอื่นๆ แล้วจึงรวบรวมความคิดหรือตั้งสมมติฐาน จากนั้นก็ทำการทดสอบสมมติฐาน และทดสอบสมมติฐานซ้ำอีก จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไข แล้วก็นำไปทดสอบสมมติฐานซ้ำ อีกครั้งและนำผลที่ได้ไปเผยแพร่

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967: 62) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่เรียกว่าความคิดออกนอกนัย (Divergent thinking) คือ มีความคิดที่กว้างไกล ซับซ้อน หลายทิศทาง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานแปลกใหม่รวมทั้งแก้ปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งประกอบไปด้วยความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความละเอียดลออ (Elaboration)

ครุทเททสกี (Krutetskii. 1976: Unpaged.) ให้คำนิยามของความคิดสร้างสรรค์ว่า คือ บริบทของการสร้างปัญหา (การค้นพบปัญหา) การประดิษฐ์ ความเป็นอิสระ และการริเริ่ม

เฮลล็อก (Haylock. 1987: 60) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ การรวมเอาความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและขอบเขตของการประยุกต์สิ่งใหม่ๆและเพื่อเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความคิดที่ไม่สัมพันธ์ให้สัมพันธ์กันได้

กรมวิชาการ (2534: 2) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า คือ ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดความคิดใหม่ต่อเนื่องกันไป และความคิดสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วยความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะหรือความคิดริเริ่ม

อารี พันธุ์ณี (2538: 9) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัยอันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่างๆตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2539: 2) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน (product) ผลงานนั้นต้องเป็นงานที่แปลกใหม่ และมีคุณค่า ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการ (process) กระบวนการคิดสร้างสรรค์ คือ การเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล บุคคลนั้นจะต้องเป็นคนที่มีความแปลกเป็นตัวของตัวเอง (originality) เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง (fluency) มีความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้นๆได้ (elaboration)

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 45) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาด้วยการคิดอย่างลึกซึ้ง ที่นอกเหนือไปจากการคิดปกติธรรมดา เป็นลักษณะภายในตัวบุคคลที่สามารถคิดได้หลายแง่หลายมุมผสมผสานจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544: 60) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า หมายถึง กระบวนการทางปัญญาาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลายอย่างรวมๆกัน เพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสระภาพทางความคิด

นิภา แก้วศรีงาม (2547: 83) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการของความคิดชนิดหนึ่งที่มีรูปแบบและลักษณะของความคิดแตกต่างไปจากความคิดชนิดอื่นๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากความคิดริเริ่มนี้จะอยู่ในรูปของการสร้างสรรค์ก่อให้เกิดประโยชน์สุข และมีการพัฒนาให้ดีขึ้น ไม่สร้างให้เกิดความเสียหายหรือเกิดทุกข์แต่อย่างใด

และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 133) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่อาศัย ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อน แปลกใหม่ ที่นอกเหนือไปจากการคิดปกติธรรมดา อันเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การคิดค้นองค์ความรู้ พัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือริเริ่มแนวทางใหม่ๆ ให้แปลกไปจากเดิม ที่มีประโยชน์และมีคุณค่าต่อตนเองและสังคม

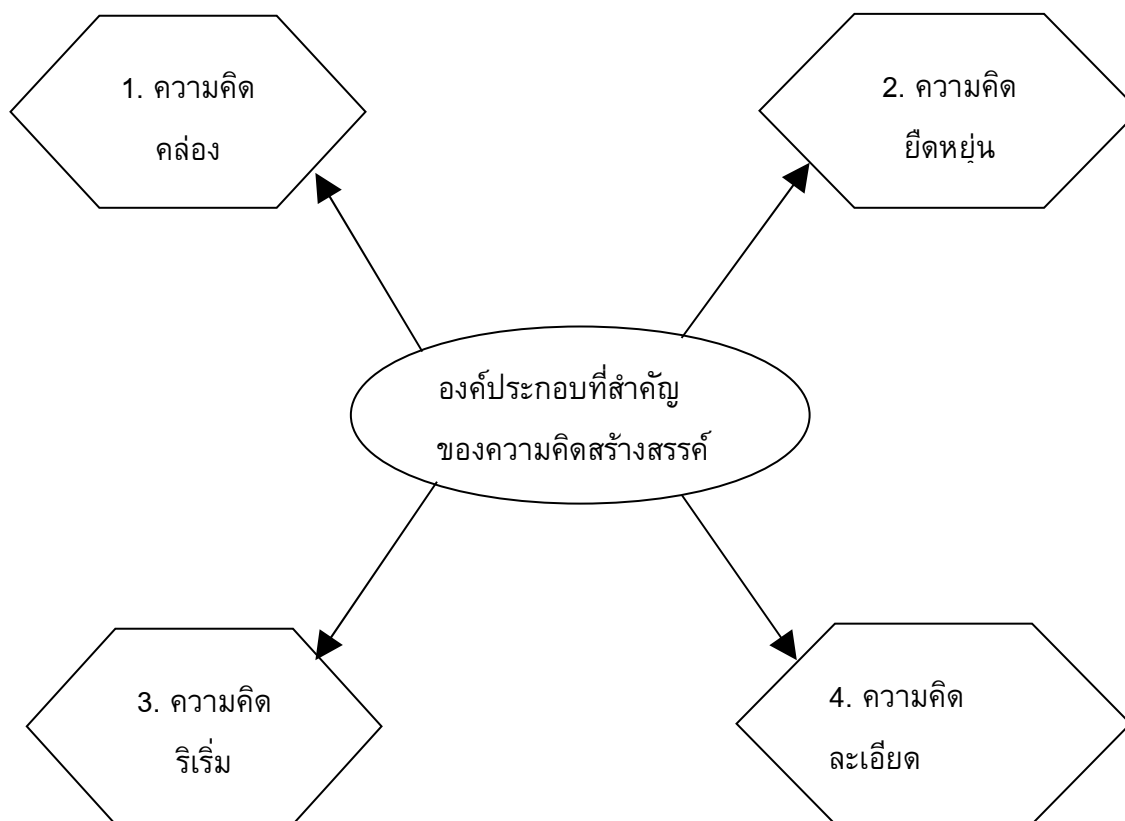
3.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

จากทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford. 1967: 70-202) ได้กล่าวว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความฉับไวที่จะรับรู้ปัญหา มองเห็นปัญหา สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ๆ ได้ง่าย มีความสามารถที่จะสร้างหรือแสดงความคิดเห็นใหม่และปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งวิธีคิดของคนเราเป็นลำดับขั้นดังนี้

1. การรู้และการเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถของสมองในการเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว
2. การจำ (Memory) คือ ความสามารถของสมองในการสะสมข้อมูลต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาและระลึกออกมาได้ตามที่ต้องการ
3. การคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองได้หลายๆ อย่าง โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ
4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองที่ถูกต้อง และดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้
5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของสมองในการตัดสินข้อมูลที่กำหนดให้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

สำหรับความคิดแบบอเนกนัยนั้น กิลฟอร์ด (Guilford. 1967: 138-169) ได้จัดว่าเป็นความคิดสร้างสรรค์ซึ่งหมายถึงความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างได้หลายทิศทาง ดังมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency)
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)
3. ความคิดริเริ่ม (Originality)
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration)



ภาพประกอบ 6 องค์ประกอบสำคัญที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์

ที่มา: องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์. สืบค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม, จาก www.wk.ac.th/project/kanyarat/project2/องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์

และยังมีผู้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายท่านดังนี้
อารี พันธุ์มณี(2546: 38-41) กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ โดยแบ่ง
ออกเป็นดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น
 - 1). ความคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว
 - 2). ความคิดคล่องทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด
 - 3). ความคล่องทางการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ จากการวิจัยพบว่าบุคคลที่มีความคล่องทางการแสดงออกสูงก็จะมีความคิด

สร้างสรรค์ด้วย

4). ความคล่องในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด ความคล่องในการคิดนี้มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะต้องแสวงหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลายวิธี และต้องนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ

ความคิดคล่องนับว่าเป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด ก่อนอื่นจึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มากหลายๆอย่างและแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาแต่ละอย่างเปรียบเทียบกับกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุดและให้ประโยชน์คุ้มค่าที่สุด ความคิดคล่องนอกจากจะช่วยให้เด็กได้เลือกคำตอบที่ดีและเหมาะสมที่สุดแล้ว ยังช่วยจัดหาทางเลือกอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ให้อีกด้วย จึงนับได้ว่าความคิดคล่องเป็นความสามารถเบื้องต้นที่จะนำไปสู่ความคิดที่มีคุณภาพหรือคือความคิดสร้างสรรค์นั่นเอง

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด แบ่งออกเป็น

1). ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดให้หลายประเภทอย่างอิสระ เช่น คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้ว่าประโยชน์ของก้อนหินมีอะไรบ้าง แบ่งได้หลายประเภท ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงประเภทเดียว

2). ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำกัน

ความคิดยืดหยุ่นนี้จะเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างออกไป หลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนหรือเพิ่มคุณภาพความคิดให้มากขึ้นด้วยการจัดเป็นหมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น ความคิดริเริ่มจึงเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเป็นความคิดที่แปลกไปจากความคิดเดิม และอาจไม่เคยมีใครนึกถึงมาก่อน ความคิดริเริ่มต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งที่ความคิดริเริ่มจำเป็นต้องอาศัยความคิดจินตนาการ ซึ่งไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียวแต่ต้องคิดสร้างและหาหนทางทำให้เกิดผลงานจึงเป็นสิ่งคู่กัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) แม้ว่าลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยลักษณะความคิดหลายลักษณะ เช่น ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มก็ตาม แต่ลักษณะความคิดละเอียดลออก็จะขาดเสียไม่ได้ หากปราศจากความคิดละเอียดลออแล้ว

ก็

ไม่อาจทำให้เกิดผลงานหรือผลิตผลสร้างสรรค์ขึ้นมาได้ และตรงจุดนี้ที่เป็นจุดสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่มุ่งเน้นผลผลิตสร้างสรรค์เป็นสำคัญด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 131-142) ได้แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้คำตอบจำนวนมากที่แตกต่างกันหรือหลากหลายวิธี การคิดให้ได้คำตอบจำนวนมากที่แตกต่างกันหรือหลากหลายวิธี การคิดให้ได้คำตอบจำนวนมากที่แตกต่างกันหรือวิธีที่หลากหลายเป็นตัวบ่งบอกถึงความเข้าใจและความคล่องแคล่วของสมองนักเรียนที่ถนัดเอาคำตอบของปัญหาออกมาซึ่งกิลฟอร์ดเชื่อว่า ผู้ที่มีความคิดคล่องมากจะมีโอกาสสร้างคำตอบที่แปลกและเฉียบคมได้มากกว่าผู้ที่มีความคิดคล่องน้อยกว่า

ตัวอย่าง การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน ให้หาจำนวนสองจำนวนที่มีผลบวกเป็น 15 และมีผลต่างเป็น 3

สำหรับผู้ที่มีความคิดคล่องและมีพื้นฐานความรู้เพียงพอ จะสามารถคิดแก้ปัญหาได้หลายวิธี เช่น ใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรหรือใช้การเดาและตรวจสอบ ดังนี้

1. การใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว :

สมมติให้จำนวนแรกเป็น x

จำนวนหลังเป็น $15 - x$

จะได้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเป็น $x - (15 - x) = 3$

หรือ $(15 - x) - x = 3$

จากการแก้สมการจะได้จำนวนหนึ่งเป็น 9 และอีกจำนวนหนึ่งเป็น 6

2. การใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร :

สมมติให้จำนวนหนึ่งเป็น x

อีกจำนวนหนึ่งเป็น y

จะได้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเป็น

$x + y = 15$ หรือ $y + x = 15$

$x - y = 3$ $y - x = 3$

จากการแก้สมการจะได้จำนวนหนึ่งเป็น 9 และอีกจำนวนหนึ่งเป็น 6 เช่น

เดียวกัน

2. การใช้การเดาและตรวจสอบ

จำนวนแรก	จำนวนหลัง	ผลต่าง	คำตอบ (ใช่/ไม่ใช่)
----------	-----------	--------	--------------------

4	$15 - 4 = 11$	$11 - 4 = 7$	ไม่ใช่
5	$15 - 5 = 10$	$10 - 5 = 5$	ไม่ใช่
6	$15 - 6 = 9$	$9 - 6 = 3$	ใช่

ภาพประกอบ 7 การใช้การเดาและตรวจสอบโจทย์การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวน

ซึ่งจะเห็นว่า 6 และ 9 เป็นจำนวนที่สอดคล้องตามเงื่อนไขในโจทย์ ดังนั้นจำนวนสองจำนวนนั้นคือ 6 และ 9

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดคล่อง คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบให้ได้หลายคำตอบหรือหลายวิธี เพื่อนำคำตอบที่ได้มาพิจารณาว่าคำตอบหรือทางเลือกใดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ คิดแล้วเลือก/นำไปใช้ให้ตรงกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนด ความคิดยืดหยุ่นจึงเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างออกไป จึงนับได้ว่าทั้งความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นต่างก็เป็นพื้นฐานที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ ในความคิดคล่องที่มีการคิดให้ได้คำตอบจำนวนมากที่แตกต่างกัน ผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นยังต้องจัดหมวดหมู่ของคำตอบให้มีความแปลกแตกต่างออกไป และไม่มีซ้ำซ้อนกัน จากนั้นจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาเปรียบเทียบกันว่า ความคิดใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุดและให้ประโยชน์คุ้มค่าโดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งกิลฟอร์ดเชื่อว่า ผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นสูงจะมีโอกาสสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ได้มากกว่าผู้ที่คิดซ้ำๆ อยู่ในทางเดิมตลอดเวลา

ตัวอย่าง จากตัวอย่างการหาจำนวนสองจำนวนในตัวอย่างความคิดคล่อง จะเห็นว่าปัญหาที่กำหนดให้สามารถแก้ปัญหาได้หลายวิธี ผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถพิจารณาและวิเคราะห์ได้ว่า ในการแก้ปัญหานั้นควรตัดสินใจใช้วิธีการใดจึงจะเหมาะสมกับสถานการณ์ เช่นในปัญหาดังกล่าว ถ้าโจทย์ระบุว่าจำนวนสองจำนวนนั้นมีผลบวกและผลต่างเป็นจำนวนเต็มที่ไม่ยุ่งยากต่อการคำนวณ ดังตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ผู้แก้ปัญหาที่มีความคิดยืดหยุ่นอาจพิจารณาใช้วิธีการเดาและตรวจสอบคำตอบได้เร็วกว่า แต่ถ้าโจทย์ระบุว่าจำนวนสองจำนวนนั้นมีผลบวกและผลต่างเป็นจำนวนเต็มที่ยุ่งยากต่อการคำนวณ ก็ควรพิจารณาแก้ปัญหาโดยใช้สมการซึ่งจะหาคำตอบได้ถูกต้องและรวดเร็วกว่า

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดอื่นๆ เป็นความคิดที่เกิดขึ้นครั้งแรกที่แตกต่างจากความคิดที่มีอยู่เดิมและอาจไม่เคยมีใครนึกหรือคิดมาก่อน ผู้ที่มีความคิดริเริ่มจะต้องมีความกล้าคิดนอกกรอบ กล้าลองเพื่อทดสอบความคิดของตน และบ่อยครั้งที่ต้องอาศัยความคิดจินตนาการในการประยุกต์ กล่าวคือ ต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่มีรายละเอียดอย่างลุ่มลึกหลายแง่มุมของแต่ละคำตอบของปัญหา จนกระทั่งสามารถสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานขึ้นมาได้สำเร็จ ความคิดละเอียดลออเป็นส่วนเสริมให้องค์ประกอบสำคัญ 3 ข้อ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีความสมบูรณ์นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ที่มีประสิทธิภาพ

เนลเลอร์ (อารี พันธมณี. 2546: 41; อ้างอิงจาก Kneller. 1956: Unpaged) กล่าวว่า ความคิดละเอียดลออเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จและยังขยายความอีกว่าความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยสิ่งแปลกใหม่และมีความพิเศษที่ต้องตระหนักถึงความสำเร็จอย่างสร้างสรรค์ และต้องพยายามคิดและประสานความคิดติดตามให้ตลอดด้วย

ตัวอย่างของความคิดละเอียดลออ เช่น จากปัญหาของการหาจำนวนสองจำนวนในความคิดคล่อง ผู้ที่มีความคิดละเอียดลออนอกจากจะมีความคิดยืดหยุ่นมองเห็นวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหาแล้ว ยังสามารถวิเคราะห์หิในรายละเอียดของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาได้อีก เช่น มองเห็นว่าเมื่อกำหนดจำนวนสองจำนวนมีผลบวกและผลต่างเป็นจำนวนเต็มที่ยู่ยากต่อการคำนวณ ก็ควรใช้สมการช่วยแก้ปัญหาจึงจะเหมาะสมกว่า แล้วยังมองต่อไปว่าการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ตามที่โจทย์กำหนดนั้น การใช้ตัวแปรเดียวอาจทำให้เขียนสมการยุ่งยากกว่าการใช้สองตัวแปร แต่ขณะเดียวกันการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว อาจทำได้ง่ายกว่าการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ดังนั้นผู้แก้ปัญหาที่ละเอียดลออก็จะมีคำคำนึงถึงเงื่อนไขของการเขียนและการแก้สมการนี้ด้วย

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มีดังนี้คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยที่

1. ความคิดคล่อง คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบในเรื่องเดียวกันได้หลากหลายวิธี
2. ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการคิดและจัดหมวดหมู่ในการคิดนั้น และนำความคิดนั้นไปใช้ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
3. ความคิดริเริ่ม คือ ความสามารถในการคิดให้แปลกแตกต่างไปจากแนวคิดเดิมที่อาจไม่มีใครเคยนึกถึงมาก่อน
4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาจนสามารถสร้างสรรค์ผลงานได้สำเร็จ

3.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์

แนวคิดของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creativity Process) มีหลายแนวคิด ดังนี้

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ของทอเรนซ์และไมเยอร์ (อารี พันธุ์มณี. 2538: 10-11; อ้างอิงจาก Torrance; & Myers. 1972: Unpaged) ได้กล่าวว่กระบวนการสร้างสรรค์แบ่งออกเป็นชั้นๆได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพบความจริง (Fact Finding) เริ่มจากความรู้สึกกังวลใจมีความสับสนเกิดขึ้นในใจแต่บอกไม่ได้ว่าเป็นอะไร ในจุดนี้ก็พยายามตั้งสติและพิจารณาว่าความกังวลใจ ความสับสนนั้นคืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นพบปัญหา (Problem – Finding) เกิดต่อจากขั้นที่ 1 เมื่อพิจารณาแล้วจึงสรุปได้ว่าความกังวลใจความสับสนก็คือ การมีปัญหานั้นเอง

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐาน (Idea – Finding) ขั้นนี้ก็เกิดต่อจากขั้นที่ 2 เมื่อรู้ว่ามีปัญหาก็พยายามคิดและตั้งสมมติฐานขึ้น และรวบรวมข้อมูลต่างๆเพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานนั้น

ขั้นที่ 4 การค้นพบคำตอบ (Solution – Finding) ในขั้นนี้ก็จะได้คำตอบจากการทดสอบสมมติฐานในข้อที่ 3

ขั้นที่ 5 ยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance – Finding) ขั้นนี้จะเป็นการยอมรับคำตอบที่ได้พิสูจน์แล้วว่าแก้ปัญหานั้นสำเร็จได้อย่างไร แต่ผลที่ได้จากการค้นพบจะนำไปสู่หนทางที่จะทำให้เกิดหรือสิ่งใหม่ต่อไปที่เรียกว่า New Challenge

กระบวนการของการคิดสร้างสรรค์ของวอลลาซ(สมศักดิ์ ภู่วิภาดาจารย์. 2539: 17-19; อ้างอิงจาก Wallach. 1926: Unpaged) ซึ่งมีขั้นต่างๆดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการเตรียมตัว (Preparation) เป็นขั้นการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ความรู้ ทักษะ และความคิดที่มีต่อโลกอย่างกว้างขวาง รวมถึงความสามารถเชื่อมโยงสัมพันธ์ความคิดหรือสิ่งของที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นฟักตัว (Incubation) หลังจากที่ได้ผ่านการเตรียมตัวมาแล้ว ก็ต้องอาศัยระยะฟักตัวเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

ขั้นที่ 3 ขั้นการรู้แจ้ง (Illumination) ขั้นนี้เกิดขึ้นต่อจากระยะฟักตัว หลังจากทีลืมเรื่องที่ต้องการคิดหาคำตอบระยะหนึ่ง จากนั้นก็จะเกิดการหยั่งรู้ (Insight) ซึ่งจะได้คำตอบที่ต้องการเกิดขึ้นมาได้โดยไม่ต้องพยายามใดๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นสุดท้าย คือ เมื่อนึกได้แล้วก็จะทบทวนตรวจสอบผลงานจนเป็นที่พอใจ

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ของออสบอร์น (อารี พันธุ์มณี. 2538: 11-12; อ้างอิงจาก Osborn. 1957: Unpaged) ได้จัดกระบวนการคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การชี้ถึงปัญหา เป็นการระบุประเด็นปัญหา

ขั้นที่ 2 การเตรียมและรวบรวมข้อมูล เป็นการเตรียมและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ เป็นขั้นคิดพิจารณาและแจกแจงข้อมูล

ขั้นที่ 4 การใช้ความคิด เพื่อหาทางเลือกต่างๆ พิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ และหาทางเลือกที่เป็นไปได้ไว้หลายๆทาง

ขั้นที่ 5 การคิด (Incubation) และการทำให้กระจ่าง (Illumination) เป็นขั้นทำให้จิตใจว่างและเกิดความคิดกระจ่างขึ้น

ขั้นที่ 6 การสังเคราะห์หรือการบรรจุชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 7 การประเมินผล เป็นการคัดเลือกคำตอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ของโรลส์และเลวิส (สมศักดิ์ ภูวิภาดาจารย์. 2539: 19-22) มีประโยชน์มากในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเห็นซึ่งปัญหา (Perceiving Problems) คนที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์จะเห็นปัญหาอย่างที่คุณทั่วไปไม่เห็น โดยจะมองไปอีกแบบหนึ่งเห็นความสัมพันธ์ที่คนธรรมดาดูว่าไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กันได้

ขั้นที่ 2 การขยายปัญหา (Modifying the Problem) คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้มองปัญหาด้านเดียว แต่อาจขยายขอบเขตของปัญหาให้กว้างไกลออกไปจากที่เห็นจริง (Expanding) อาจมองตรงข้าม (Reversing) ดูสาเหตุและผลที่เกิดในหลายๆด้าน อาจทำให้ปัญหาเล็กลง (Compacting) เปลี่ยนปัญหาให้อยู่ในรูปแบบอื่นๆ (Transforming) หรือเพิ่มเติมรายละเอียดให้มากขึ้นในแต่ละปัญหา (Elaborating) การขยายปัญหาจะทำให้มีมุมมองกว้างไกล ต่อปัญหา เห็นหนทางต่างๆ

ขั้นที่ 3 การประวิงคำตัดสิน (Suspending Judgement) คือเปิดใจยอมรับทุกสิ่งก่อนที่จะตัดสินใจ ซึ่งคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ต้องเปิดใจกว้างและในขณะที่เดียวกันต้องมีอารมณ์ขันและสามารถจินตนาการออกมาอย่างสนุกสนานและแปลกใหม่

ขั้นที่ 4 ผลที่เกิดจากการฟักตัว (Incubating Effect) คือ เมื่อยังแก้ปัญหาไม่ได้ก็จะหยุดหรือลุ่มเลิกความคิด จนกระทั่งเวลาผ่านไปก็จะนึกขึ้นมาได้เองอย่างที่ไม่นึกถึงมาก่อน นักคิดสร้างสรรค์มักมีช่วงเวลานี้ขณะพยายามแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ความแน่วแน่ในการคิด (Sticking with an Idea) หรือความตื้อตึง คนที่มีความคิดสร้างสรรค์มักใช้แนวทางแก้ปัญหาที่คนทั้งหลายสละทิ้งกันหมดแล้ว แต่เขาไม่ยอมละทิ้งจนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ

ขั้นที่ 6 การมองเห็นภาพผลงาน (Envisioning Results) ในระยะแรกๆผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะสามารถมองเห็นภาพผลงานของงานประดิษฐ์ตนได้ อาจอยู่ในรูปความฝัน แต่สิ่งที่สำคัญต้องสามารถสร้างจินตนาการถึงสิ่งที่อาจจะเป็นจริง

ขั้นที่ 7 สามารถเลือกข้อสรุปที่ดีที่สุด (Selecting the Best Conclusion) คนที่มีความคิดสร้างสรรค์สามารถเลือกทางที่ดีที่สุดจากหลายๆทางที่มีอยู่ คล้ายกับความสามารถในการประเมินผลและตัดสินใจในงานที่ต้องการการวิเคราะห์ต่างๆ และต้องสามารถทนต่อความไม่กระจ่าง ความไม่แน่นอนและความสับสนที่เกิดขึ้นจนกว่าจะตัดสินใจได้

ขั้นที่ 8 เต็มใจทำในสิ่งที่ตนตัดสินใจ (Willingness to Facilitate a Decision) คนที่มีความคิดสร้างสรรค์อย่างแท้จริงต้องมีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะทำความฝันให้เป็นความจริง แม้จะมีอุปสรรคก็ไม่ย่อท้อทนได้กับความผิดหวังครั้งแล้วครั้งเล่า

ขั้นที่ 9 การยอมรับในความไม่แน่นอน (Acceptance of Uncertainty) ลักษณะสำคัญของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ คือ ไม่ลำบากใจในการเผชิญกับความสับสนและสามารถทนต่อความไม่แน่นอนตลอดการผลิงานสร้างสรรค์

ขั้นที่ 10 ความยากลำบากในการจัดระบบของสิ่งที่ไม่เป็นระบบ (Hazards of Systematizing the Unsystematic) ธรรมชาติของงานสร้างสรรค์จะมีลักษณะเฉพาะตัวที่มีความแปลกผิดธรรมดาไม่มีความเป็นระเบียบตายตัว นักสร้างสรรค์ต้องจัดระบบความคิดให้ได้ และเขาก็ไม่สามารถให้คำตอบที่แจ่มชัดและมีระเบียบได้ เพราะความคิดสร้างสรรค์นั้นไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวไม่มีการจำกัดขอบเขตแต่เป็นการค้นพบที่มีที่สิ้นสุด

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล(2542: 45) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ว่ามี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเตรียมข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการทำหรือแนวทางที่ถูกต้องหรือข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง
 2. ขั้นความคิดคุกรุ่น หรือระยะฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่อยู่ในความวุ่นวายของข้อมูลต่างๆทั้งใหม่และเก่า สะเปะสะปะ ปราศจากความเป็นระเบียบเรียบร้อยไม่สามารถจะขมวดความคิดนั้นจึงปล่อยความคิดไว้เฉยๆ
 3. ขั้นความคิดกระจ่างชัด (Illumination) เป็นขั้นที่ความคิดสับสนนั้นได้ผ่านการเรียบเรียงและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่างๆเข้าด้วยกันให้มีความกระจ่างชัด และความสามารถมองเห็นภาพพจน์มโนทัศน์ของความคิด
 4. ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง (Verification) เป็นขั้นที่ได้รับ ความคิด 3 ขั้นจากข้างต้น เพื่อพิสูจน์ว่าเป็นความคิดที่เป็นจริงและถูกต้องหรือไม่
- จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ มีขั้นตอนดังนี้คือ
- ขั้นที่ 1 การมองเห็นปัญหา ซึ่งปัญหา และระบุประเด็นปัญหา
 - ขั้นที่ 2 ขั้นเตรียมการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับ ปัญหา ความรู้ ทักษะ และความคิดเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
 - ขั้นที่ 3 ขั้นฟักตัว เป็นการใช้ความคิดพิจารณาทางเลือกต่างๆ ซึ่งยังคงเป็นข้อมูลที่ยังไม่เป็นระเบียบและยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้
 - ขั้นที่ 4 ขั้นการคิดและทำให้กระจ่าง เป็นการเรียบเรียงความคิดและจัดข้อมูลให้เป็นระเบียบ แล้วนำมาเรียบเรียงเชื่อมโยงกันจนทำให้ปัญหานั้นกระจ่างขึ้น
 - ขั้นที่ 5 ขั้นการตรวจสอบความคิดและประเมินผล เป็นการตรวจสอบผลงานจนเป็นที่น่าพอใจและคัดเลือกคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.4 แนวทางการพัฒนาและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่อยู่ในตัวของเด็กทุกคน และสามารถส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรง คือ การสอน ฝึกฝน อบรม ส่วนในทางอ้อมคือ การสร้างบรรยากาศและการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ (อารี พันธุ์ณี. 2546: 89) ดังที่มีผู้ได้ให้แนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

ทอแรนซ์ (อารี พันธุ์ณี. 2546: 91-92; อ้างอิงจาก Torrance. 1959: Unpaged) ได้เสนอแนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยเน้นตัวครูกับนักเรียนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

1. การส่งเสริมให้เด็กถามและให้ความสนใจกับคำถามที่แปลกๆของเด็ก และไม่ควรเน้นที่คำตอบถูกเพียงอย่างเดียว ควรกระตุ้นให้เด็กมีการเดาคำตอบและทำการวิเคราะห์ค้นหา เพื่อพิสูจน์การเดาโดยใช้การสังเกตและประสบการณ์ของเด็กเอง

2. ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ต่อความคิดแปลกๆของเด็ก อย่าเพิ่งตัดสินใจและรื้อถอนความคิดนั้น แต่ให้รับฟังไว้ก่อน

3. กระตุ้นหรือรับต่อคำถามที่แปลกๆของเด็กด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวาหรือแนะนำให้เด็กค้นหาคำตอบจากแหล่งต่างๆด้วยตนเอง

4. แสดงให้เด็กเห็นว่าความคิดของเด็กมีคุณค่าและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เพียงใด ซึ่งจะช่วยให้เด็กภูมิใจและมีกำลังใจที่จะคิดสร้างสรรค์ต่อไป

5. กระตุ้นและส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเองและยกย่องเด็กที่มีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ชี้แนะลดการอธิบายและบรรยายลงบ้าง เพิ่มการให้เด็กนักเรียนมีส่วนร่วมริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น

6. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ โดยไม่ใช้การขู่ด้วยคะแนนหรือการสอบเป็นต้น

7. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเด็กนั้นจะต้องใช้เวลา ควรให้มีการพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

8. ส่งเสริมให้เด็กใช้จินตนาการของตนเองและยกย่องชมเชยเมื่อเด็กมีจินตนาการที่แปลกและมีคุณค่า

บลอนด์และคลอสไมเออ (อารี พันธุ์ณี. 2546: 92-93; อ้างอิงจาก Blaunt; & Klausmier. 1965: Unpaged) ได้เสนอวิธีการที่จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. สนับสนุนและกระตุ้นการแสดงความคิดหลายๆด้าน ตลอดจนการแสดงออกทางอารมณ์

2. เน้นสถานการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถอันจะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนไม่จำกัดการแสดงออกของนักเรียนให้เป็นไปในรูปแบบเดียวตลอด

3. อย่าพยายามหล่อหลอมหรือกำหนดแบบให้เด็กและนักเรียนมีความคิดและมีบุคลิกภาพที่เหมือนกัน ควรสนับสนุนและส่งเสริมการคิดและวิธีการใหม่ๆ

4. อย่าเข้มงวดกวดขันหรือยึดมั่นอยู่กับจารีตประเพณี ที่ยอมรับการกระทำเพียงไม่กี่อย่างและการกระทำที่นอกเหนือไปจากนั้นถือว่าผิดไปหมด

5. ควรมีการให้รางวัลหรือคำชมเชยกับผลงานที่แปลกๆใหม่ๆด้วย

แกลเลเกอ และ แกลเลเกอ (Gallagher and Gallagher. 1994: 343-344) ได้เสนอแนวทางการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไว้ดังนี้

1. จัดหลักสูตรการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหา โดยต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลด้วย

2. จัดให้มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำปรึกษาแก่นักเรียนในการทำงานหรือทำโครงการต่างๆ

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดในการจัดการเรียนการสอน

4. กระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความจริงมากกว่าที่จะคอยหาแต่คำตอบ

5. ครูต้องพัฒนาตนเองในด้านเนื้อหาและกลยุทธ์ในการสอนที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

กรมวิชาการ (2534: 16-17) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางอ้อมว่ามีหลักการดังนี้

1. ยอมรับคุณค่าและความสามารถของบุคคลแต่ละคนอย่างไม่มีเงื่อนไข

2. แสดงให้เห็นว่าความคิดของเขามีคุณค่าสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

3. ให้ความเข้าใจและเห็นใจในตัวตนและความรู้สึกของเขา

4. อย่าพยายามกำหนดแบบเพื่อให้คนทุกคนมีความคิดและบุคลิกภาพเดียวกัน

5. ควรให้รางวัลแก่ผู้ที่มีผลงานแปลกใหม่ด้วย

6. ส่งเสริมและยกย่องให้กับผู้ที่ได้ใช้จินตนาการของตน

7. กระตุ้นและส่งเสริมให้เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง

8. ส่งเสริมให้ถามและให้ความสนใจต่อคำถามรวมทั้งชี้แนะแหล่งคำตอบ

9. ตั้งใจและเอาใจใส่ต่อคำถามรวมทั้งชี้แนะแหล่งคำตอบ

10. พึงระลึกเสมอว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ต้องค่อยเป็นค่อยไป

ชัยศักดิ์ สีสัจรสกุล (2542: 48) ได้เสนอหลักการที่ครูควรยึดไว้เพื่อจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ต้องรู้ว่าจะเริ่มปัญหาแบบใด แรกๆอาจจะเสนอปัญหาแต่ต่อไปให้นักเรียนคิดเอง

2. ต้องพยายามให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและใช้ทักษะในการแก้ปัญหา โดยเทคนิคต่างๆที่ควรสอน ได้แก่ การระดมสมองหรือทักษะในการวิจัย

3. อย่าจำกัดรูปแบบจนเกินไป ปล่อยให้ นักเรียน ได้คิดอย่างอิสระ
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น โดยครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะ
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แม้คำถามนั้นจะไม่ตรงประเด็น
6. ครูไม่ควรดูถูกแนวคิดของนักเรียน
7. ไม่ควรมีกฎและระเบียบเข้มงวดจนเกินไป
8. ไม่ควรสร้างบรรยากาศให้เกิดความหวาดกลัว
9. หลีกเลี่ยงการลงโทษ
10. ครูควรสร้างแรงจูงใจและเสริมพลังใจ
11. ครูควรจัดกิจกรรมต่างๆที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

อรพรรณ พรสีมา(2543: 43-44) ได้เสนอกิจกรรมที่จำเป็นต่อการส่งเสริมการคิดแบบสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ฝึกเสนอแนะความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุและแนวทางแก้ปัญหาหลายๆแนวทาง
2. ฝึกมองข้อเสนอของบุคคลหรือกลุ่มบุคคลจากหลายๆมุมมอง
3. ฝึกเสนอความคิดเห็นเพิ่มเติมจากความคิดเห็นของคนอื่น
4. ฝึกเสนอความคิดเห็นให้แตกต่างจากความคิดเห็นของคนอื่น
5. หาโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมระดมสมอง (Brainstroming)
6. ฝึกมองหาและตรวจสอบอิทธิพลขององค์ประกอบหรือกิจกรรมย่อยที่มีผลต่อองค์ประกอบใหญ่หรือกิจกรรมหลัก
7. ฝึกติดตามและหาข้อมูลที่เป็นผลอันเนื่องมาจากการตัดสินใจในเรื่องสำคัญของบุคคลสำคัญ
8. ฝึกมองหาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์หลายๆเหตุการณ์
9. ฝึกเสี่ยงเสนอความคิดเห็น
10. ฝึกสร้างจินตนาการเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ
11. ฝึกเปรียบเทียบสิ่งของ เหตุการณ์ และกิจกรรม
12. ฝึกสร้างภาพ สร้างฝัน และสร้างความสำเร็จ
13. ฝึกสืบหารากเหง้า ความเป็นมา และความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ของเหตุการณ์
14. ฝึกถามคำถามหลายๆคำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิด
15. ฝึกพูดและเขียนนวนิยาย
16. ฝึกคิดหาทางเลือก แนวทางที่จะเป็นไปได้ และตัวเลือกเพื่อแก้ปัญหาเหตุการณ์และสถานการณ์ต่างๆ

เฟอร์แมน (สุริเยส สุขแสง. 2548: 40; อ้างอิงจาก Furman. 1998: 258-276) ได้กล่าวถึงครูในการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

1. ครูต้องคอยให้คำแนะนำในการทำงานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ การเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียน และคอยให้ความช่วยเหลืออยู่ใกล้ๆ
2. ครูเป็นผู้ชี้แนะ และคอยกระตุ้นพฤติกรรมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์
3. ครูคอยให้กำลังใจระหว่างที่นักเรียนคิดแก้ปัญหาหรือทำงานคณิตศาสตร์
4. ครูคอยตอบคำถามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสงสัย
5. ครูต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการตั้งคำถามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย(อเนกนัย) และสามารถตอบคำถามพิสูจน์คำตอบหรือแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วแม่นยำ
6. ครูคอยควบคุมและกระตุ้นการนำเสนอคำตอบเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยการใช้คำถามให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์
7. ครูควรมีการส่งเสริม ยกยอหรือให้กำลังใจนักเรียนในขณะที่สอนคณิตศาสตร์ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การพัฒนาและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้
 1. ควรจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการใช้ความคิด จินตนาการของตนให้มากที่สุด
 2. ให้อิสระในการสร้างสรรค์ผลงานทางคณิตศาสตร์
 3. ฝึกฝนวิธีการต่างๆที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
 4. ให้คำยกย่องชมเชยต่อผลงานที่เขาได้ประดิษฐ์ขึ้นมาพร้อมทั้งชี้ให้เห็นคุณค่าและประโยชน์ของงานนั้น
 5. พึงระลึกเสมอว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ต้องค่อยเป็นค่อยไป
 6. ครูควรมีการจัดกิจกรรมหลายรูปแบบ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น มีความคิดอย่างเป็นอิสระ กล้าซักกล้าถาม และสร้างบรรยากาศให้นักเรียนผ่อนคลายและเกิดการคิดและการเรียนรู้ให้มากที่สุด

3.5 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ลักษณะการคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของสมองที่มีอยู่ในตัวทุกคน แต่จะมีมากหรือน้อยต่างกันไป การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทำได้หลายวิธี เช่น การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออก การตรวจจากรายงานหรือโครงการ แต่การใช้แบบทดสอบเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด นักวิจัยเกือบทั้งหมดที่ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นิยมใช้นิยามความคิดสร้างสรรค์ในรูปของการคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) ดังที่มีผู้เสนอแนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

บาลก้า (Balka. 1974a: 634) ได้ริเริ่มเกณฑ์ในการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เขาได้มุ่งเน้นที่ทั้งความคิดแบบเอกนัย (convergent thinking) ที่แสดงลักษณะโดยการกำหนดแบบรูปต่างๆและการแสดงพฤติกรรมที่แตกออกมาจากความเชื่อดั้งเดิม และความคิดแบบอเนกนัย (divergent thinking) ที่นิยามโดยการกำหนดสมมติฐานทางคณิตศาสตร์

ประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์ที่แปลกๆใหม่ๆ ตระหนักรู้ว่ามีสิ่งใดที่หายไปจากปัญหา และ แดกปัญหาต่างๆไปเป็นปัญหารองลงมาที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น จากเกณฑ์ของบาลก้าการที่แสดง พฤติกรรมที่แตกต่างไปจากแนวคิดหรือความเชื่อเดิมๆนั้น มีลักษณะเป็นความพยายามของบุคคล เพื่อเข้าใจความคิดสร้างสรรค์ของนักคณิตศาสตร์ ขณะที่เฮลล็อก (Haylock. 1997: 68-74) เชื่อ ว่าการที่แสดงพฤติกรรมที่พยายามให้หลุดออกจากแนวคิดแบบเดิมๆมีความจำเป็นต่อการพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเหมือนกับบาลก้าที่มุ่งไปที่การทำลายความเชื่อดั้งเดิมที่จำกัดการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ ในช่วงแรกของการทำงานเฮลล็อก(Haylock. 1985: 547-553) ได้อธิบายความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ในการประยุกต์ กลยุทธ์ในการเรียนรู้ นักเรียนสามารถประยุกต์วิธีการที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบแต่ ไม่เคยเปลี่ยนไปยังกลยุทธ์ของการคิดสร้างสรรค์ ไม่เคยสำรวจขอบเขตอื่นภายนอกที่มีอยู่ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนจำเป็นต้องมีความสามารถในการ สร้างสรรค์และให้รางวัลนักเรียนที่ขยายความคิดของเขาออกไปได้

บาลกา (Balka. 1974b: 98) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ซึ่งป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาจากปัญหาต่างๆ ในการวัดความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จะวัดโดยใช้ การคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มของปัญหาต่างๆที่ได้ สร้างขึ้นโดยการทำงานกับชนิดของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถได้รับการส่งเสริม ให้ใช้ความคิดยืดหยุ่นในการประยุกต์แบบต่างๆที่ใหม่ๆ ในการคิดยืดหยุ่นต้องการมากกว่าความรู้ จากประสบการณ์หรือความรู้ที่ง่ายๆ ซึ่งวิลเลียม เจมส์ (Renzulli et al.. 2000: 62-70; Taylor & Wozniak. 1996: Online; citing William James n.d. : Unpaged) ได้แบ่งระดับของความรู้ โดยที่ เจมส์ได้พิจารณาความรู้ทางความคิดรวบยอดที่เป็นความรู้ในระดับสูงที่ตั้งอยู่ในประสบการณ์ทาง คณิตศาสตร์ที่แท้จริงที่ถูกจัดเตรียมให้กับนักเรียนมากกว่าแค่การสาธิตวิธีการต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่ง คำตอบง่าย ๆ และบาลกา (Eric. 2008: 211; citing Balka. 1974: 98) ยังได้สร้างเกณฑ์ที่ใช้วัด นักเรียนที่มีความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา 25 เกณฑ์ แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ นักคณิตศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ศึกษา และครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งพบว่าเกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์มี 6 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุและผลจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิด เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ทางคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะ เกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
5. ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจาก

สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

กาลลาฮาน (Gallagher and Gallagher. 1994: 341-342; citing Callahan.1991: Unpaged) ได้กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. ประเมินสมรรถภาพของนักเรียนด้วยเครื่องมือหลายๆอย่างที่สามารถใช้ในการวัดความคิดคล่อง คืดยืดหยุ่น และคืดริเริ่มในทางภาษาและไม่ใช้ภาษา เช่น วัดโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

2. วัดจากการข้อมูลของชิ้นงานในอดีต หรือ จากงานของนักเรียนที่ได้ทำขึ้นมาด้วยตนเอง

3. วัดด้วยการเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยครูหรือผู้สังเกตการณ์ ในขณะที่นักเรียนทำงาน

กรมวิชาการ (2534: 48-50) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์อาศัยหลักการเดียวกันกับการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางด้านภาษาหรือศิลปะ กล่าวคือ การประเมินความสามารถในการคิดแบบอนกนัยของนักเรียนกระทำโดยให้นักเรียนคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างของข้อสอบโดยกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ มีลักษณะดังเช่น

- แบบให้ตั้งคำถาม เช่น อ่านสถานการณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ (เช่น แดงอายุ 10 ปี ดำอายุ 8 ปี สุดอายุ 3 ปี) แล้วสร้างคำถามให้ได้มากที่สุด

- แบบแบ่งครึ่งรูป ลากเส้นแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นสองส่วนเท่ากันในลักษณะที่แตกต่างกันหลาย ๆ แบบ ให้ได้มากที่สุด

- แบบให้เติมตัวเลข เช่น เติมเลข 0 ถึงเลข 10 ลงใน (เช่น $\square + \square - \square = 2$) โดยผลลัพธ์จะต้องเท่ากับจำนวนที่กำหนดให้ คิดให้ได้หลาย ๆ แบบที่สุด

- แบบสร้างรูปเรขาคณิต เช่น สร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้ได้หลาย ๆ แบบที่สุด โดยใช้ไม้ขีด 24 ก้าน ให้ได้มากที่สุด

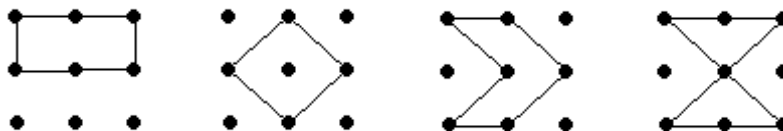
- แบบประกอบภาพ เช่น ใช้ชิ้นส่วนแทนแกรมมาประกอบเป็นภาพคนในลักษณะต่าง ๆ กันให้ได้มากที่สุด

เฮลล็อก (Haylock.1987: 59-74) Derek Haylock เป็นนักการศึกษาคณิตศาสตร์ผู้ซึ่งมองความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่แตกต่าง เขาเสนอกรอบคิดใหม่เพื่อใช้เป็นแนวทางการประเมินความสามารถในการคิดแบบอนกนัยด้านคณิตศาสตร์ที่แตกต่างไปจากกิลฟอร์ด โดยประเมินการคิดแบบอนกนัยจากสามด้าน คือ การแก้ปัญหา การตั้งคำถาม และการจัดกลุ่มใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การแก้ปัญหา หมายถึง การหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น

- $(p+q)(r+s) = 36$ จงหาว่า p, q, r และ s แทนจำนวนใดได้บ้าง
- จงลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุดเพื่อให้เกิดรูปปิดที่มีพื้นที่ 2 ตารางหน่วย ให้ได้

มากที่สุด



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุดเพื่อให้เกิดรูปปิดที่มีพื้นที่ 2 ตารางหน่วย

2. การตั้งคำถาม หมายถึง การตั้งคำถามต่าง ๆ ให้สัมพันธ์กับข้อมูลที่กำหนดมาให้ได้มากที่สุด ข้อมูลที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งอาจอยู่ในรูปประโยคภาษาตาราง แผนภูมิ ภาพ หรือจำนวน ตัวอย่างคำถาม เช่น ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจจากสมการ $x + (x + 2) + (x + 4) = 80$

3. การจัดกลุ่มใหม่ หมายถึง การคิดหรือกำหนดเกณฑ์ที่แตกต่างกันขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่ม ตัวอย่างคำถาม เช่น

- จงบอกเหตุผลต่าง ๆ ที่จะจัดให้ 16 และ 36 อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้
- ให้เลือกไฟ 6 โคมจากสำหรับ พร้อมทั้งบอกเหตุผลว่าไฟทั้ง 6 โคมมีอะไรที่

เหมือนกัน

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สรุปได้ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สามารถวัดได้หลายๆด้าน ดังนี้

1. วัดความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
2. วัดความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
3. วัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายๆวิธีให้ได้มากที่สุด
4. วัดความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
5. วัดความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์
6. วัดความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา

4.1.1 งานวิจัยต่างประเทศ

ชาน (Chan. 2001: 215) ได้ศึกษาการประเมินผลของนักเรียนชาวจีนในระดับมัธยมศึกษาที่มีความสามารถพิเศษในประเทศฮ่องกงที่ได้รับการสอนตามแนวคิดพหุปัญญา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาวจีนในระดับมัธยมศึกษาชาวจีน 192 คนที่ได้รับการสอนตามแนวคิดพหุปัญญา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาภาษาจีน ภาษาอังกฤษ และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น และความสามารถด้านพหุปัญญาของนักเรียนยังได้มีการพัฒนาขึ้นอีก และผู้วิจัยยังได้มีข้อเสนอแนะว่าในอนาคตควรจะได้มีการพัฒนาแบบวัดประเมินผลพหุปัญญา สำหรับเด็กทั้งที่มีความสามารถพิเศษและเด็กปกติ ซึ่งจะทำให้เกิดความเที่ยงตรงในการประเมินความสามารถทางพหุปัญญา

เชอร์เรอ (Shearer. 2004: 159-161) ได้การประเมินพหุปัญญาเพื่อส่งเสริมการพัฒนาของครูและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาการนำพหุปัญญาไปใช้ในห้องเรียน เนื่องจากแนวคิดทางพหุปัญญา มีประโยชน์ที่สำคัญต่อนักเรียน รวมถึงยังเป็นการกระตุ้นนักเรียนให้สนใจในการเรียนและยังสามารถส่งเสริมทักษะและพัฒนาบุคลิกภาพของครูได้ด้วย

ฮาร์ดี้ (Hardy. 2005: Abstract) ได้ศึกษาว่าทฤษฎีพหุปัญญาจะมีบทบาทกับนักเรียนในการเผชิญหน้ากับการสอนแบบเดิมได้อย่างไร ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพที่มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา 3 คน ที่มุ่งไปที่ว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อนักเรียนต้องเผชิญหน้ากับการต่อต้านกับวิธีการสอนแบบเดิม ข้อมูลเบื้องต้นมาจากการเขียน ศิลปะ และการสัมภาษณ์นักเรียน และมีการทดสอบภายใต้โครงสร้างทฤษฎีพหุปัญญาและทฤษฎีการวิเคราะห์ในการวิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนมีการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่แตกต่างจากการเรียนแบบเดิมที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ถูกจำกัดต่าง ๆ นานา ซึ่งนักเรียนสามารถรับรู้ได้ว่าวิธีการสอนที่เหมาะสมจะต้องเปลี่ยนมาเป็นการสอนที่ให้ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงและมีความสุขในการเรียน ซึ่งพบว่าการสอนโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา มีการเรียนรู้ที่หลากหลายและได้ประสบการณ์การเรียนรู้ทางสังคม ซึ่งมีประโยชน์สำหรับนักเรียนที่จะไม่ถูกจำกัดว่าวิธีการเรียนแบบใดดีที่สุด

เคลลี (Kelly. 2005: Abstract) ได้ศึกษาการสอนและการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ผ่านทฤษฎีพหุปัญญาและวิธีการสอนที่หลากหลายสำหรับครูผู้สอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นครูที่สอนในระดับประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนเอกชน 8 แห่งไนเจอร์เจียตะวันตกเฉียงเหนือ งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยทั้งคุณภาพและปริมาณที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และสื่อต่างๆ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้จากการวิจัยจะวิเคราะห์จากข้อมูลดังต่อไปนี้ 1. มีการทำกิจกรรมทั้งแบบรายบุคคลและเป็นกลุ่ม เช่น การนำเสนอผลงาน การสาธิต การแก้ปัญหา โครงการ การเขียนบทความ เทคโนโลยีต่างๆ และการเรียนแบบศูนย์กลาง ที่ซึ่งรวมอยู่ในกลยุทธ์การสอนที่ครูนำมาใช้ในการสอน

คณิตศาสตร์ 2. กลุ่มตัวอย่างนี้ได้ใช้การสอนแบบเดิมในระหว่างการสอนคณิตศาสตร์หรือไม่ 3. กลุ่มตัวอย่างได้ใช้กลยุทธ์การสอนที่หลากหลาย 1 - 2 สัปดาห์ในระหว่างการสอนคณิตศาสตร์

แมทธิว (Matthews. 2006: Abstract) ได้ศึกษาการนำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพที่ประยุกต์ทฤษฎีพหุปัญญาของฮาวาร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) มาใช้ในโครงการจัดตั้งโรงเรียนทางเลือก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 24 คนที่ได้รับการสอนแบบบูรณาการบทเรียน 28 บทเรียนในเวลาเรียน 16 สัปดาห์ ซึ่งหน่วยงานการประเมินการเรียนของนักเรียนแห่งวอชิงตัน (Washington Assessment of Student Learning: WASL) ได้มีการเข้ามาทดสอบที่เป็นการทดสอบที่มีมาตรฐาน ซึ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 20 คนใน 24 คน มีผลการทดสอบในระดับสูงหลังการทดลองเมื่อมีการทดสอบครั้งหลังในเดือนมิถุนายนจาก WASL เมื่อมีการเปรียบเทียบการทดสอบก่อนของ WASL กับผลการสอบปลายภาค มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 159.55% เมื่อการวิจัยสิ้นสุดลง นักเรียน 17 คนใน 20 คนได้กล่าวว่า การบูรณาการบทเรียนนี้ทำให้พวกเขามีความมั่นใจในการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ของพวกเขาเพิ่มมากขึ้น

ไอเยอร์ (Iyer. 2006: Abstract) ได้ศึกษาการสอนของครูในโรงเรียนที่ใช้ทฤษฎีพหุปัญญา (SUMIT) การศึกษานี้ได้สังเกตจากการสอนของครูในโรงเรียนที่ใช้ทฤษฎีพหุปัญญาเป็นฐานในการสอน การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการสอนของครูในโรงเรียนที่ใช้ทฤษฎีพหุปัญญา (SUMIT) กับครูที่ใช้แนวทางการสอนจัดตั้งโดยศูนย์สถิติทางการศึกษาแห่งชาติ (National Center of Education Statistics: NCES) ซึ่งมีแนวทางการเปรียบเทียบตามหัวข้อดังนี้ 1) บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียน 2) สื่อและเทคโนโลยีในห้องเรียน 3) ชนิดของงานที่ได้รับมอบหมายทั้งในห้องเรียนและที่บ้าน 4) ครูจะวัดและประเมินการเรียนของนักเรียนอย่างไร ผลจากการศึกษาครูผู้สอนใน SUMIT ระดับมัธยมศึกษาพบว่านักเรียนมีทักษะการคิด การอภิปราย การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และการมีปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงกว่าครูที่ใช้แนวทางการสอนของ NCES แต่ในระดับประถมศึกษาพบว่ามีนัยสำคัญต่างกันเพียงเล็กน้อย

4.1.2 งานวิจัยในประเทศ

สุปราณี ไกรวัตนุสรณ์ และคณาพร คมสัน (2542: 84-89) ได้ศึกษาผลการสอนภาษาอังกฤษตามทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดกรมสามัญศึกษา กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว โดยผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษหลังการเรียนของนักเรียนทั้งหมดสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ สูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความสามารถทางพหุปัญญาโดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มสูงมีความสามารถด้านภาษา ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการเคลื่อนไหว และด้านดนตรี สูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มปานกลางมีความสามารถในการใช้

เหตุผล/ การคิด คำนวณ ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการเคลื่อนไหว ด้านดนตรี และด้านการเข้าใจตนเองสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนกลุ่มต่ำมีความสามารถด้านการเคลื่อนไหว และด้านดนตรีสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่พอใจและได้รับประโยชน์จากการเรียนด้วยวิธีสอนตามทฤษฎีพหุปัญญา และมีความประทับใจในการทำงานกลุ่ม การสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการได้แสดงออกทางความคิด

อาริยา จิตรมิตร (2544: บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนตามแนวพหุปัญญา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนราชดำริ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวพหุปัญญา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจต่อวิชาสังคมศึกษาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไฉไล สะยะรักษ์ (2545: 67-70) ได้ศึกษารูปแบบการสอนแนวพหุปัญญาในโรงเรียนประถมศึกษา เป็นการศึกษาหลักสูตร ยุทธวิธีการสอน และสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนในอนาคต การเก็บและรวบรวมข้อมูลใช้การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีตำแหน่งเป็นผู้บริหาร นักวิชาการ ครู สถานศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ และทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ จำนวน 7 ท่าน โดยใช้เทคนิคการวิจัยอนาคตแบบชาติพันธุ์วรรณา (Ethnographic Futures Research : EFR) ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนแนวพหุปัญญาในโรงเรียนประถมศึกษาควรจัดให้มีการเรียนการสอนแนวพหุปัญญา 3 ด้าน ดังนี้ ในด้านหลักสูตรควรทำการศึกษาข้อมูลในท้องถิ่นว่าชุมชนต้องการอะไร แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการสอนให้สอดคล้องกับปัญญาทั้ง 8 ด้าน ในด้านยุทธวิธีการสอน ควรหาวิธีการสอนที่หลากหลายและใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วยสื่อและอุปกรณ์ เพื่อตอบสนองปัญญาทั้ง 8 ด้านของนักเรียน ในด้านสุดท้ายคือด้านสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนที่ควรจัดสิ่งแวดล้อมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความสนใจใฝ่รู้ตามความถนัดและตามศักยภาพของแต่ละคน

สมลักษณ์ วิจบ (2548: 88-91) ได้พัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง รูปแบบวงกลมและรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมิตรภาพที่ 32 จำนวน 19 คน ผลจากการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง รูปแบบวงกลมและรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.53/85.97 มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7500 แสดงว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 75

วันดี สุตสิน (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย-หญิง อายุระหว่าง 5-6 ปี ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนสามัคคีบำรุง สังกัดกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้

มีความสามารถในการแก้ปัญหาตนเอง และความสามารถในการแก้ปัญหาตนเองที่เกี่ยวข้องกับ ผู้อื่นของเด็กปฐมวัย มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย หลังจากจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้ มีค่าสูงกว่า ก่อนจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กัญณภัทร นิธิศรารากุล (2550: บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบความสามารถทางพหุปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบมุ่งประสบการณ์ภาษา (รูปแบบที่ 2) กับการสอนแบบเดิม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบมุ่งประสบการณ์ภาษา (รูปแบบที่ 2) มีความสามารถทางพหุปัญญาทั้ง 8 ด้านแตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาซึ่งผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และนำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่าผู้เรียนมีความสนุกในการเรียน กระตุ้นความสนใจในการเรียนของผู้เรียนได้และมีประโยชน์สำหรับนักเรียนที่ไม่ถูกจำกัดว่าวิธีเรียนแบบใดดีที่สุด ซึ่งพบว่าผู้เรียนมีทักษะการคิด การอภิปราย การทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่ม การปฏิสัมพันธ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

4.2.1 งานวิจัยต่างประเทศ

รอดดี (Roddy. 1992: Online) ได้ศึกษาความคิดรวบยอดเรื่องการเชื่อมโยงของครูคณิตศาสตร์ ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นครูที่สอนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาที่เรียนวิชาพีชคณิต 1 และคณิตศาสตร์บูรณาการ 1 ข้อมูลที่ได้มาจากการสัมภาษณ์ การสังเกตในชั้นเรียน และเอกสารที่ครูผลิตขึ้น ผลการวิจัยพบว่า ความคิดรวบยอดเรื่องการเชื่อมโยงของครูคณิตศาสตร์ ได้มีการพัฒนาขึ้นและนำไปใช้กับนักเรียนได้ดีขึ้น เนื่องจากการเชื่อมโยงมีความสำคัญอย่างมากในการเรียนคณิตศาสตร์ และครูที่เข้าร่วมวิจัยก็ได้มีการนำความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบของการเชื่อมโยง ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานที่ NCTM ได้ตั้งไว้

เคเวย์ (Cavey. 2002: Abstract) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในการเรียนการสอนเรื่องตรีโกณมิติในรูปแบบของการพัฒนาและการสร้างการเชื่อมโยงผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ งานวิจัยนี้มีการดำเนินการทดลองครูสำหรับการสอนและแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan Study: LPS) ที่ปรับปรุงมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ของญี่ปุ่น (Japanese Lesson Study) ที่มีการพัฒนาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ในการศึกษาครั้งแรกได้มีการพัฒนาความเข้าใจเรื่องตรีโกณมิติของครูไปพร้อม ๆ กับการพัฒนา LPS มีการจัดสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ ในการแบ่งปันความเข้าใจคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ที่จะนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจ

เรื่องตรีโกณมิติไปจนถึงการพัฒนากลยุทธ์ในการสอน ผลที่ได้คือมีการพัฒนาความเข้าใจในกลยุทธ์การสอนว่าจะสอนอย่างไรโดยการใช้ LPS ในการศึกษาครั้งที่สอง ผลของการสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยครูระดับมัธยมที่ใช้ LPS ผลของการศึกษาพบว่าความสามารถของครูในการจัดแผนสำหรับนักเรียนเพื่อพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับความเข้าใจเชิงลึกของครูในการเชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์

เอวิทส์ (Evitts. 2004: Online) ได้ศึกษาเรื่องการนำการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ครูนำไปใช้และการแก้ปัญหาจากการปรับปรุงหลักสูตร กลุ่มตัวอย่างเป็นครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษา 7 คน ที่มีส่วนร่วมในการศึกษาการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนซึ่งเป็นคำถามที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จากการวิจัยพบว่า ในการทดลองการเชื่อมโยงทั้ง 14 ครั้ง ทำให้การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนประสบความสำเร็จขึ้น

คิง (King. 2005: Abstract) ได้ศึกษาความตั้งใจของครูในการสร้างความเข้าใจของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยการจัดประสบการณ์และพัฒนาให้เกิดความเชี่ยวชาญซึ่งผู้วิจัยหลายท่านได้เสนอบทเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความเข้าใจของนักเรียนโดยการพัฒนาการเชื่อมโยงระหว่างชนิดของความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญก็ได้มีการกล่าวถึงบทเรียนที่จำเป็นในการมุ่งไปที่ความคิดของนักเรียน การรับรู้ความคิดรวบยอดที่ผิดพลาด และข้อผิดพลาดต่างๆ ผู้วิจัยบางคนก็ได้เสนอว่าครูควรเรียนรู้ที่จะมุ่งไปที่การคิดของนักเรียนโดยผ่านประสบการณ์การสอนในห้องเรียนและจากกิจกรรมที่มีผู้เชี่ยวชาญได้พัฒนาขึ้น จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้คือการสำรวจการจัดประสบการณ์และการพัฒนากิจกรรมบนความตั้งใจของครูเพื่อสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอนในเกรด 6, 7 และ 8 จำนวน 112 คน ที่ได้ตอบแบบสอบถามจากการส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ไปยังโรงเรียนเอกชน 692 แห่งในมิดเวสต์ (Midwest) ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนของครูมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาทักษะแต่ละด้านแยกออกจากกัน ต้องการให้นักเรียนจำขั้นตอนต่างๆทางคณิตศาสตร์ และให้ความสนใจเพียงเล็กน้อยกับนักเรียนที่มีความเข้าใจผิดและรับรู้ผิดพลาด การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่างๆทางคณิตศาสตร์มีน้อยมาก และแนวคิดต่างๆทางคณิตศาสตร์ก็ยังมีจัดการเรียนการสอนที่แยกส่วนจากกันด้วย

เกนสเบิร์ก (Gainsburg. 2008: 199) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมโยงกับโลกจริงของครูคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา เพราะในการเรียนคณิตศาสตร์ควรมุ่งเน้นไปที่การสอนที่มีการเชื่อมโยงกับโลกจริง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นครูที่สอนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 62 คน ที่เข้าใจและใช้การเชื่อมโยงกับโลกจริง และมีจุดมุ่งหมายในการสอนเพื่อสร้างการเชื่อมโยงให้กับนักเรียน ซึ่งผลที่ได้ทำให้นักเรียนได้มีทักษะด้านการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้นและผู้สอนก็สามารถช่วยนักเรียนที่มีความแตกต่างกันให้เรียนรู้คณิตศาสตร์ได้เพิ่มมากขึ้น

4.2.2 งานวิจัยในประเทศ

ถนอมเกียรติ งานสกุล (2545: Online) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่างๆ เรื่องจำนวนเต็ม รายวิชา 21001 คณิตศาสตร์ 1 ซึ่งเป็นรายวิชาพื้นฐานในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต และจัดทำเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้แก่ การใช้สื่อรูปธรรม การใช้เกมและเพลง การใช้เครื่องคิดเลขกราฟิก การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์และกับเนื้อหาวิชาอื่น รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/2 ของโรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในด้าน ความรู้ ทักษะการปฏิบัติ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ การอ่านคิดวิเคราะห์ และการเขียนข้อความ ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่โรงเรียนกำหนดไว้ คิดเป็นร้อยละ 95 และนักเรียนมีความคิดเห็นที่ดีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ

อนันตนิจ โพธิ์ถาวร (2547: 95-105) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโลกจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโลกจริงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ และยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ทุกด้านอยู่ในระดับมาก คือ ด้านการมีส่วนร่วม ด้านสัมพันธไมตรี ด้านการสนับสนุนจากครู ด้านเป้าหมายการทำงาน ด้านความเป็นระเบียบในชั้นเรียน ด้านการชี้แจงกฎระเบียบ และด้านความพึงพอใจในการทำงาน

เอมอร สุมาลย์ (2548: 104-115) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยนมุมมอง ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาการ จังหวัดน่าน ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยนมุมมองจากแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบคู่ขนาน พบว่า การจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยนมุมมองมีผลทำให้ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนจัดกิจกรรม และผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยนมุมมอง พบว่าการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยนมุมมองมีผลทำให้

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนจัดกิจกรรม

สุรางคณา ยายหิ. (2549: บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนานายก “นายกพิทยากร” จังหวัดนครนายก ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 ขึ้นไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลิลลา ดลภาค (2549: บทคัดย่อ) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุญญาธิสา แซ่หล่อ (2550: บทคัดย่อ) ได้บูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนย่านตาขาวรัฐชนูปถัมภ์ จังหวัดตรัง ผลการวิจัยพบว่า ผลของการใช้การบูรณาการด้านความสามารถในการเชื่อมโยงพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับสิ่งต่างๆทั้งในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิชาอื่นๆ และในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนมีทักษะการวิเคราะห์เพิ่มขึ้น และนำวิชาคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

4.3.1 งานวิจัยต่างประเทศ

แมนน์ (Mann. 2006: 236-260) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ โดยได้ศึกษาจากนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่มีความรอบรู้ในเรื่องความคิดรวบยอดและทักษะในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้มีการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ความรับผิดชอบของครู และโปรแกรมการสอนของครูที่สอนความเข้าใจในความคิดรวบยอดและเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ครูที่สอนในห้องเรียนควรมีการสอบสอนและสื่อการสอนที่ได้ปรับปรุงให้เหมาะสมกับหลักสูตรเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และจัดสภาพแวดล้อมเพื่อฝึกฝนและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งผลที่ได้คือ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สามารถเกิดการคิดอย่างสร้างสรรค์และละเอียดรอบคอบ

เซฟฟีลด์ (Sheffield. 2006: Online) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการคิดสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์เชิงลึกและซับซ้อน โดยได้กล่าวว่า การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คาดไม่ถึงต่างก็จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่สำคัญในประวัติศาสตร์ทั้งนั้น แต่นักเรียนหรือครูในสหรัฐอเมริกาเมื่อกล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ต่างก็ไม่ได้นึกถึงวิชาคณิตศาสตร์มาเป็นอันดับแรก จึงได้สนใจการใช้เทคนิคความคิดสร้างสรรค์และนำมาประยุกต์ใช้ในเนื้อหาเพื่อสำรวจความคิดสร้างสรรค์ที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในทุกวัยสามารถสร้างสรรค์คณิตศาสตร์ในรูปแบบใหม่ได้ และนักเรียนยังได้พัฒนาความกระตือรือร้นและความชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ฮุง (Hoong. 2008: 230-234) ได้ศึกษาการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนด้วยการประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยมีจุดมุ่งหมายในการเสนอแนะความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่าสามารถส่งเสริมได้ด้วยการใช้คำถามวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยทำการสังเกตตลอดทั้งปีการศึกษา ซึ่งคำถามที่ใช้เป็นคำถามจากแคมบริดจ์ (Cambridge) โดยการพยายามรวมความคิดรวบยอดจากหัวข้อต่างๆ 2-3 หัวข้อต่อ 1 คำถาม นักเรียนสามารถมองเห็นการเชื่อมโยงที่ซับซ้อนระหว่างหัวข้อต่างๆได้ อย่างไรก็ตามความคิดสร้างสรรค์ต้องเริ่มมาจากครูด้วย ความคิดสร้างสรรค์โดยธรรมชาติแล้วถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่ชัดเจนนัก จึงถือว่าเป็นงานที่ยากลำบากมากสำหรับครู และการประเมินความคิดสร้างสรรค์ด้วยคำถามที่สร้างสรรค์ทำได้ยาก แต่ความคิดสร้างสรรค์ก็เป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากสำหรับนักเรียนทุกคนในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรมีการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดความเข้าใจผิดว่าวิชาคณิตศาสตร์ไม่สามารถเกิดการสร้างสรรค์ได้

เอริก (Eric. 2008: 207-216) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพิจารณาว่านักเรียนจะมีการตอบสนองต่อการสอนใหม่ๆของครู รูปแบบที่แสดงให้เห็น และงานที่ใช้เป็นเครื่องมือ

ในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ที่ชัดเจนออกมาได้อย่างไร มีการตอบสนองของนักเรียนที่สัมพันธ์กับเกณฑ์ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์บางประการ ซึ่งนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ใช่เพียงทำกิจกรรมนั้นให้เป็นคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังช่วยพัฒนาพวกเขาให้เป็นนักคิดสร้างสรรค์อีกด้วย

4.3.2 งานวิจัยในประเทศ

กุลภัสสร ศิริพรรณ (2545: 97-103) ได้ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดขอนแก่นด้วยการวิเคราะห์พหุระดับ ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถทำได้โดยการส่งเสริมลักษณะเฉพาะบุคคล ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การสนับสนุนการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้ปกครอง และส่งเสริมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มีครูเป็นบุคคลสำคัญในการส่งเสริม ได้แก่ บรรยากาศห้องเรียนและพฤติกรรมการสอนของครู

อรพรรณ สง่า (2547: 65-69) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนโพธิสารพิทยากร เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ผลจากการศึกษาพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังทำกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทำชุดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน พบว่า ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดที่หลากหลาย ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ ความสามารถในการคิดและตรวจคำตอบ และความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในกรณีทั่วไป หลังการใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กชกร รุ่งหัวไผ่ (2547: 116-121) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3) โรงเรียนหนองม่วงวิทยา อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จากการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุริเยส สุขแสง (2548: 73-80) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548

โรงเรียนจอมพระประชาสรรค์ อำเภอจอมพระ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้เทคนิคการตั้งปัญหา มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนแบบปกติ เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่พัฒนาได้ลำบาก นักเรียนจะต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้เวลานานเพียงพอและทำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้ปกครองและครูต้องเป็นผู้ที่คอยให้นักเรียนคิดอย่างสร้างสรรค์วันละเล็กวันละน้อยตามสมควร ตลอดเวลา เมื่อพัฒนาให้มากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนต่อไปได้ในอนาคต

ราตรี เกตุบุตรดา (2546: 98-103) ได้ศึกษาผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขวางวิทยาคาร จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2546 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนแบบปกติ เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นสมบัติที่มีอยู่ในตัวของบุคคลทุกคน และสามารถส่งเสริมและพัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงคือการสอน ผูกฝน อบรม และในทางอ้อมคือ การสร้างบรรยากาศและการจัดสิ่งแวดล้อมส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ ซึ่งในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนนั้นจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ และจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คาดไม่ถึง ที่จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ที่สำคัญ และจะต้องใช้เวลาให้นานพอและทำอย่างต่อเนื่อง และในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังสามารถทำได้โดยการส่งเสริมลักษณะเฉพาะบุคคลต่างๆ ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์, เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์, การสนับสนุนการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้ปกครอง, ส่งเสริมบรรยากาศห้องเรียนและพฤติกรรมการสอนของครู

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 2 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 79 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง จำนวน 1 ห้องเรียน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Clustered Random Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ใช้เวลาในการทดลอง 20 คาบ คาบละ 60 นาที โดยทดลองสอน 16 คาบ และทดสอบ 4 คาบ คือ ทดสอบหลังเรียน 4 คาบ โดยแบ่งเป็นทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 2 คาบ และทดสอบความคิดสร้างสรรค์ 2 คาบ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 พุทธศักราช 2544 เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ประวัตินักคณิตศาสตร์

1 คาบ

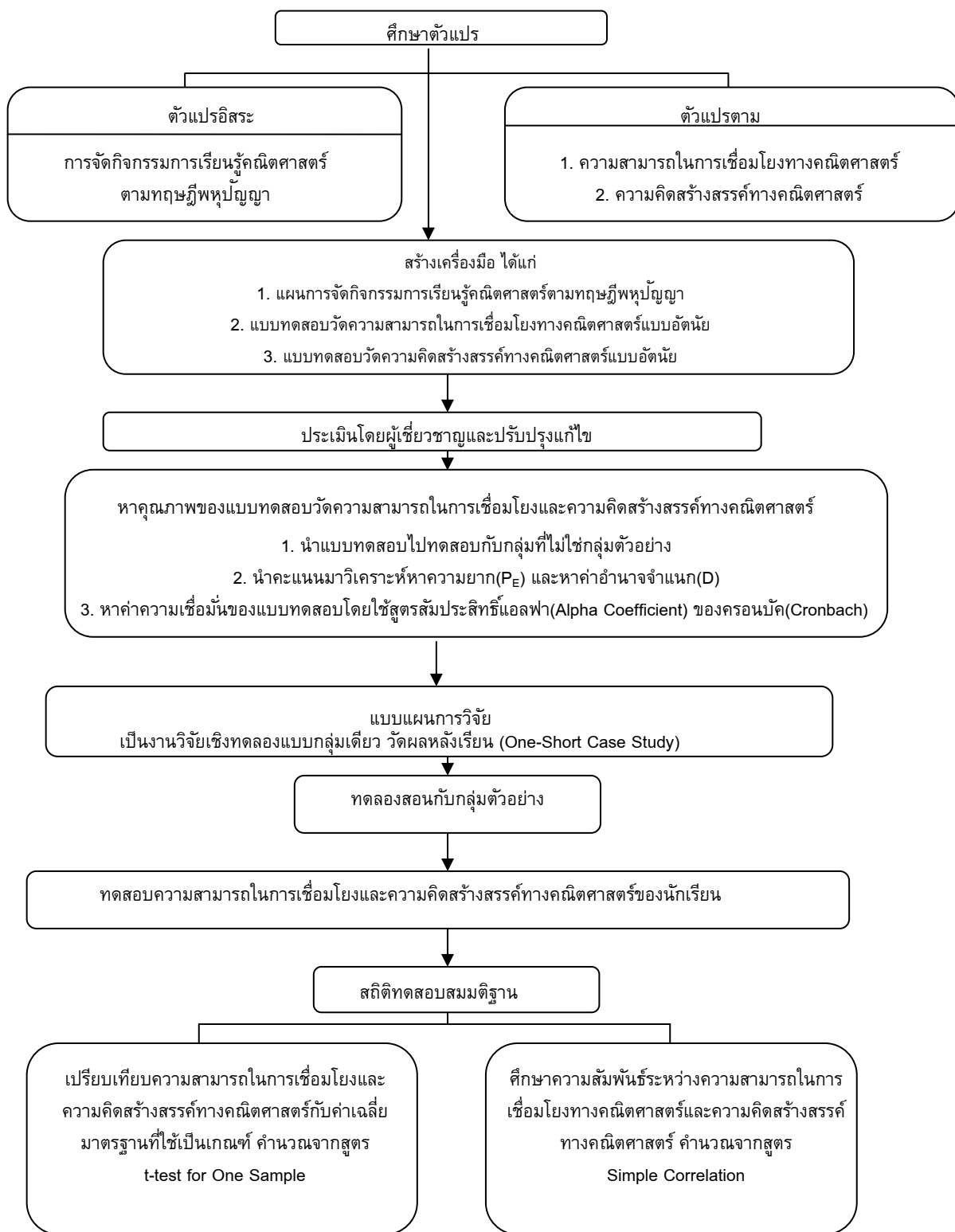
การวัด : ดวงจันทร์น่ารู้

1 คาบ

อัตราส่วน : คณิตศาสตร์กับดนตรี	1 คาบ
เรขาคณิต : ลายผ้ารักโลก	1 คาบ
ตรีโกณมิติ : อยากรู้จัง เธอสูงเท่าไร?	3 คาบ
การแก้ปัญหา : ตกตึก	2 คาบ
การเก็บรวบรวมข้อมูล : ขนาดของรองเท้ากับความสูง	1 คาบ
Tessellations	1 คาบ
ปริมาตร : ครอบงำน้ำอัดลม	1 คาบ
สัดส่วน : คณิตศาสตร์กับการทำอาหาร	1 คาบ
แฟรกทัล : ศิลปะคณิตศาสตร์	1 คาบ
นิทานคณิตศาสตร์	1 คาบ

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินการวิจัยโดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยตามภาพประกอบ 9 ดังนี้



ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

1. ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎี

พหุปัญญา

1.1 ศึกษาหลักการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม ที่อิงตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 เล่มที่ 2 สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายละเอียดของสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่จะดำเนินการสอน

1.3 เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา โดยศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง กิจกรรมการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นจุดประสงค์การเรียนรู้และสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา จำนวน 16 คาบ ซึ่งประกอบไปด้วย

1.3.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) ด้านความรู้
- 2) ด้านทักษะ/กระบวนการ
- 3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.3.2 สาระการเรียนรู้

1.3.3 กิจกรรมการเรียนรู้

- 1) ชั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่าง ๆ
- 2) ชั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ
- 3) ชั้นการถ่ายโอนความรู้
- 4) ชั้นการนำเสนอผลงาน
- 5) ชั้นการวัดประเมินผล

1.3.4 สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1.3.5 การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

1.3.6 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่สร้างขึ้นเสร็จแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ จำนวน 3 คน คือ อาจารย์ประสาธ สอ้านวงศ์, ดร.มนัส บุญประกอบ และอาจารย์ยุทธนา ปฐมวรชาติ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง, ความถูกต้องของสาระการเรียนรู้, กิจกรรมการเรียนการสอน, สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้, ระยะเวลา, ภาษาที่ใช้ ตลอดจนความสอดคล้องต่างๆของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.5 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาตามคำแนะนำของประธานและผู้เชี่ยวชาญการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาไปสอนเพื่อการวิจัยต่อไป

2. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 กำหนดเป้าหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย

2.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.3 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และตอนที่ 3 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง โดยมีระบบการให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring Rubric) โดยให้คะแนนเป็น 5 ระดับ

2.4 ผู้วิจัยต้องการข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และตอนที่ 3 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง จึงวางแผนการเขียนข้อคำถามของแบบทดสอบโดยดำเนินการสร้างข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละตอน ตอนละ 5 ข้อ รวม 15 ข้อ

2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาจำนวน 3 ท่าน คือ อาจารย์ประสาธ สอ้านวงศ์, อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ และอาจารย์วัลลิการ์ กุลชะโร เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหา, จุดประสงค์การเรียนรู้, ความถูกต้องและความเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า $IOC \geq 0.5$ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วมาเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเพื่อนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบ

2.7 ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประชาอุทิศ (จันทาบอนุสรณ์) และโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

2.8 ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปทดลองในข้อ 2.7 แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney; & Sabers) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: Unpaged) แล้วพิจารณาเลือกข้อที่มีค่าความยาก (P_E) ตั้งแต่ .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ที่มีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป คัดเลือกข้อคำถามให้เหลือตอนละ 3 ข้อ เป็นจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ โดยให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากผลการทดสอบได้ค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง 0.44 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.22 – 0.66

2.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้คัดเลือกไว้แล้วไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประชาอุทิศ (จันทาบอนุสรณ์) และโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) จำนวน 100 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 248.) แล้วนำแบบทดสอบที่หาค่าความเชื่อมั่นได้เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท จากการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่น 0.866 แล้วนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตัวอย่าง : แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีการคิดคำนวณหรือวิธีทำเพื่อแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ โดยละเอียด และเขียนคำตอบทั้งหมดลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน เพื่อแสดงให้เห็นแนวความคิดและวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบของนักเรียนเพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

ตัวอย่างข้อคำถาม**สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบ**

(สำหรับ 4 ที่)

น้ำตาลทรายแดง	1 ถ้วยตวง
แป้งสาลี	2 ช้อนโต๊ะ
ไข่	1 ฟอง
เนยสด	1 ช้อนโต๊ะ
อัลมอนด์บด	1 ถ้วยตวง
เกลือ	$\frac{1}{4}$ ช้อนชา
วานิลลา	1 ช้อนชา

วิธีทำ ตีไข่ น้ำตาล และเนยเข้าด้วยกัน เติมวานิลลา เกลือ แป้ง และอัลมอนด์บด จากนั้นหยอดส่วนผสมที่ได้ลงในพิมพ์คุกกี้ที่ทำเนยและโรยแป้งแล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 350° เป็นเวลา 10 นาที และจะได้คุกกี้ทั้งหมด 24 ชิ้น

จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

00. ถ้าวันนี้ที่บ้านของนักเรียนมีการจัดงานเลี้ยง นักเรียนตั้งใจจะทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับเลี้ยงเพื่อนที่เชิญมาร่วมงาน 10 คน นักเรียนจะต้องเตรียมส่วนผสมแต่ละอย่างในการทำคุกกี้เป็นเท่าไร

ตาราง 2 แนวทางการตอบคำถามวัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง

ตัวอย่างการตอบคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
<p>1. นักเรียนต้องการทำคุกกี้สำหรับเลี้ยงแขก 10 คน แต่สูตรการทำคุกกี้ที่มีเป็นสูตรสำหรับ 4 คน</p> <p>ดังนั้น อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะเป็น $\frac{10}{4} = 2.5$</p> <p>ส่วนผสมในการทำคุกกี้แต่ละอย่างก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่าในทุกๆชนิด คือ นำ 2.5 ไปคูณกับส่วนผสมทั้งหมด จะได้สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับ 10 ที่ เป็น</p> <p>น้ำตาลทรายแดง = $1 \times 2.5 = 2.5$ ถ้วยตวง</p> <p>แป้งสาลี = $2 \times 2.5 = 5$ ช้อนโต๊ะ</p> <p>ไข่ = $1 \times 2.5 = 2.5$ ฟอง</p> <p>เนยสด = $1 \times 2.5 = 2.5$ ช้อนโต๊ะ</p> <p>อัลมอนด์บด = $1 \times 2.5 = 2.5$ ถ้วยตวง</p> <p>เกลือ = $\frac{1}{4} \times 2.5 = 1$ ช้อนชา</p> <p>วานิลลา = $1 \times 2.5 = 2.5$ ช้อนชา</p>	<p>ได้ 4 คะแนน เพราะมีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง</p>
<p>2. นักเรียนต้องการทำคุกกี้สำหรับเลี้ยงแขก 10 คน แต่สูตรการทำคุกกี้ที่มีเป็นสูตรสำหรับ 4 คน</p> <p>ดังนั้น อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะเป็น $\frac{10}{4} = 2.5$</p> <p>ส่วนผสมในการทำคุกกี้แต่ละอย่างก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่าในทุกๆชนิด คือ นำ 2.5 ไปบวกกับส่วนผสมทั้งหมด จะได้สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับ 10 ที่ เป็น</p> <p>น้ำตาลทรายแดง = $1 + 2.5 = 3.5$ ถ้วยตวง</p> <p>แป้งสาลี = $2 + 2.5 = 5.5$ ช้อนโต๊ะ</p> <p>ไข่ = $1 + 2.5 = 3.5$ ฟอง</p> <p>เนยสด = $1 + 2.5 = 3.5$ ช้อนโต๊ะ</p> <p>อัลมอนด์บด = $1 + 2.5 = 3.5$ ถ้วยตวง</p> <p>เกลือ = $\frac{1}{4} + 2.5 = 2.75$ ช้อนชา</p> <p>วานิลลา = $1 + 2.5 = 3.5$ ช้อนชา</p>	<p>ได้ 3 คะแนน เพราะมีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเพื่ออธิบายข้อสรุปได้บางส่วน</p>

ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวอย่างการตอบคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
<p>3. นักเรียนต้องการทำคุกกี้สำหรับเลี้ยงแขก 10 คน แต่สูตรการทำคุกกี้ที่มีเป็นสูตรสำหรับ 4 คน ดังนั้น จำนวนคนที่เพิ่มขึ้นจะเป็น $10 - 4 = 6$ คน จะได้สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับ 10 ที่ เป็น</p> <p>น้ำตาลทรายแดง = $1 \times 6 = 6$ ถ้วยตวง แป้งสาลี = $2 \times 6 = 12$ ช้อนโต๊ะ ไข่ = $1 \times 6 = 6$ ฟอง เนยสด = $1 \times 6 = 6$ ช้อนโต๊ะ อัลมอนด์บด = $1 \times 6 = 6$ ถ้วยตวง</p> <p>เกลือ = $\frac{1}{4} \times 6 = 1.5$ ช้อนชา วานิลลา = $1 \times 6 = 6$ ช้อนชา</p>	<p>ได้ 2 คะแนน เพราะมีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเพื่ออธิบายข้อสรุปได้บางส่วนและอธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง</p>
<p>4. นักเรียนต้องการทำคุกกี้สำหรับเลี้ยงแขก 10 คน จะได้สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับ 10 ที่ เป็น</p> <p>น้ำตาลทรายแดง = $1 \times 10 = 10$ ถ้วยตวง แป้งสาลี = $2 \times 10 = 20$ ช้อนโต๊ะ ไข่ = $1 \times 10 = 10$ ฟอง เนยสด = $1 \times 10 = 10$ ช้อนโต๊ะ อัลมอนด์บด = $1 \times 10 = 10$ ถ้วยตวง</p> <p>เกลือ = $\frac{1}{4} \times 10 = 2.5$ ช้อนชา วานิลลา = $1 \times 10 = 10$ ช้อนชา</p>	<p>ได้ 1 คะแนน เพราะมีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงไม่ชัดเจนและได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง</p>
<p>5. นักเรียนต้องการทำคุกกี้สำหรับเลี้ยงแขก 10 คน จะได้สูตรการทำคุกกี้อัลมอนด์กรอบสำหรับ 10 ที่ เป็น</p> <p>น้ำตาลทรายแดง = $1 + 10 = 11$ ถ้วยตวง แป้งสาลี = $2 + 10 = 12$ ช้อนโต๊ะ ไข่ = $1 + 10 = 11$ ฟอง เนยสด = $1 + 10 = 11$ ช้อนโต๊ะ อัลมอนด์บด = $1 + 10 = 11$ ถ้วยตวง</p> <p>เกลือ = $\frac{1}{4} + 10 = 2.5$ ช้อนชา วานิลลา = $1 + 10 = 11$ ช้อนชา</p>	<p>ได้ 0 คะแนน เพราะไม่มีการเชื่อมโยงเลย</p>

เกณฑ์การให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring Rubric)

0 คะแนน	ไม่มีการเชื่อมโยงเลย
1 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงไม่ชัดเจนและได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
2 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงได้เพียงบางส่วนและอธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง
3 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเพื่ออธิบายข้อสรุปได้บางส่วน
4 คะแนน	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

ที่มา : ปรับปรุงมาจาก กรมวิชาการ. (2546). การจัดการเรียนรู้อิงกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544: 124.

2.10 จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 38 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยมีผู้ช่วยวิจัยอีก 1 คนในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ จากนั้นนำคะแนนของผู้วิจัยทั้ง 2 คนมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนเท่ากับ 0.974 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้

3. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวิธีการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3.2 กำหนดเป้าหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย โดยปรับปรุงจากแบบทดสอบของบาลกา (Eric. 2008: 207-216; citing Balka. 1974: 98) โดยมีเกณฑ์ของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังนี้

3.2.1 ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

3.2.2 ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3.2.3 ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3.2.4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3.2.5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3.2.6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

3.3 ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยเน้นความสามารถในการคิดหาคำตอบในปริมาณที่มาก ความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลายแนวทางและความคิดที่แปลกใหม่ โดยมีแนวทางการตรวจให้คะแนนดังต่อไปนี้

3.3.1 คะแนนความคิดคล่อง ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่จำกัดให้คะแนนจากจำนวนคำตอบที่ตอบถูกต้องตามเงื่อนไข โดยให้คำตอบข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบซ้ำจะไม่ได้คะแนนอีก

3.3.2 คะแนนความคิดยืดหยุ่น ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้หลายกลุ่ม และหลายแนวทาง หรือพิจารณาทิศทางของคำตอบและจัดกลุ่มคำตอบแล้วให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

3.3.3 คะแนนความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยพิจารณาจากความแปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดของผู้อื่นที่ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 1 ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบได้ จัดว่ามีความคิดริเริ่มมากที่สุด แล้วนำจำนวนคำตอบที่ซ้ำกันของคำตอบทั้งหมดที่ได้ มาคิดคะแนนซึ่ง คอรัลีย์ (Cropley. 1966: 261-262) มีเกณฑ์ไว้ดังนี้

ตาราง 3 การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

จำนวนคำตอบซ้ำกัน	คะแนนที่ได้
12% ขึ้นไป	0
6 – 11%	1
3 – 5 %	2
2%	3
ไม่เกิน 1%	4

3.3.4 คะแนนความคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนโดยพิจารณาจากความคิดในการแก้ปัญหาจนสามารถสร้างสรรค์ผลงานได้สำเร็จ โดยให้คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนน

ดังนั้น การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จึงต้องใช้วิธีนับความถี่ของคำตอบแล้ว จึงนำความถี่นั้นมาเทียบกับเกณฑ์ข้างต้นก่อนให้คะแนน

3.4 ผู้วิจัยต้องการข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยมีคำถามจากเกณฑ์ของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้กำหนดไว้เกณฑ์ละ 1 ข้อ จึงวางแผนการเขียนข้อคำถามของแบบทดสอบเป็น 2 เท่าของข้อคำถาม โดยดำเนินการสร้างข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จากเกณฑ์ที่วางไว้เกณฑ์ละ 2 ข้อ รวมเป็นจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนที่ผ่านการตรวจพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน คือ อาจารย์ประสาธ สอำนาจศ์, อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พาสนา จุฬรัตน์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา, ความสามารถในการวัดความคิดสร้างสรรค์, ความเหมาะสมของเวลาในการสอบและความชัดเจนของสำนวนภาษา โดยพิจารณาจากค่า IOC³ 0.5 แล้วให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

3.6 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ ปรับปรุงแก้ไขแล้วมาเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเพื่อนำไปหาคูณภาพของแบบทดสอบ

3.7 ตรวจแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประชาอุทิศ (จันทาบอนุสรณ์) และโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม(สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบวรพา ดอนเมือง จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคูณภาพของแบบทดสอบ

3.8 ตรวจแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปทดลองในข้อ 3.7 แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney; & Sabers) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199-201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: Unpaged) แล้วพิจารณาเลือกข้อที่มีค่าความยาก (P_E) ตั้งแต่ .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ที่มีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป คัดเลือกให้เหลือจำนวนข้อคำถามเกณฑ์ละ 1 ข้อ รวมเป็นจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 6 ข้อ โดยให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากการทดสอบได้ค่าความยาก(P_E) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.35 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.10 – 0.40

3.9 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้คัดเลือกไว้แล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประชาอุทิศ (จันทาบอนุสรณ์) และโรงเรียนวัด

เวพูนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) จำนวน 100 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248.) แล้วนำแบบทดสอบที่หาค่าความเชื่อมั่นได้เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท จากการศึกษาได้ค่าความเชื่อมั่น 0.66 แล้วนำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.10 เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ร้อยละ 65 หมายถึง นำคะแนนที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 65 ของผู้เข้าสอบทั้งหมดมาเป็นเกณฑ์

ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ซึ่งใช้เวลาข้อละ 15 นาที รวมใช้เวลาทั้งหมด 90 นาที ดังนี้

แบบทดสอบข้อที่ 1 ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

แบบทดสอบข้อที่ 2 ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบข้อที่ 3 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการคิดหลาย ๆ วิธีให้ได้มากที่สุด

แบบทดสอบข้อที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบข้อที่ 5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบข้อที่ 6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้

ตัวอย่างข้อคำถาม

ให้นักเรียนตั้งใจทบทวนปัญหาที่มีคำตอบเป็น 40 ให้ได้หลากหลายวิธีมากที่สุด

แนวทางการตอบคำถาม

นักเรียนอาจตอบได้ดังนี้

1. แม่มีเงินไปตลาด 500 บาท ซื้อทุเรียน 1 ลูก น้ำหนัก 3.6 กิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 50 บาท ซื้อหมูครึ่งกิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 100 บาท และซื้อกุ้งสด 8 ขีด ราคา กิโลกรัมละ 250 บาท แม่เหลือเงินกลับบ้านเท่าไร

2. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ได้ทั้งหมด 13 กลุ่ม แต่เหลือนักเรียนอีก 1 คน อยากทราบว่า นักเรียนห้องนี้มีกี่คน

3. สนามหญ้ามีความกว้าง 5 เมตร ยาว 8 เมตร จะปลูกหญ้าทั้งสนามต้องใช้หญ้านี้กี่ตารางเมตร

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ความคิดคล่อง พิจารณาจากจำนวนของภาพที่นักเรียนลากเส้นได้แตกต่างกันมากที่สุด
2. ความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่ให้คะแนนความคิดคล่องมาจัดกลุ่มหรือทิศทางใหม่
3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาจากสัดส่วนความถี่ของคำตอบ ที่แปลกใหม่และไม่ซ้ำกับใคร
4. ความคิดละเอียดลออ พิจารณาจากจากความคิดในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ

3.11 จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 38 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยมีผู้ช่วยวิจัยอีก 1 คนในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ จากนั้นนำคะแนนของผู้วิจัยทั้ง 2 คนมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนเท่ากับ 0.997 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุ่มเดียว คือ เลือกกลุ่มตัวอย่างมาหนึ่งกลุ่ม ทำการทดลองแล้วทำการทดสอบหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทดสอบสมมติฐานหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ $t - test$ for one sample ซึ่งใช้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบ One – Short Case Study (ล้วนสายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 249)

ตาราง 4 แบบแผนการวิจัย

ทดลอง	สอบหลัง
X	T

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

X แทน การจัดการกระทำ (Treatment)

T แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Posttest)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

1. ดำเนินการสอนกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นระยะเวลา 16 คาบ
2. หลังเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการทดสอบ (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองกับกลุ่มตัวอย่าง
3. ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้วบันทึกผล จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS for window ด้วยวิธีการทางสถิติ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่เรียนจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา โดยใช้คะแนนสอบหลังการทดลองจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t – test for one sample
2. วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่เรียนจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา โดยใช้คะแนนสอบหลังการทดลองจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t – test for one sample
3. ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยการใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่
 - 4.1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 73)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550: 60)

$$\text{สูตร } SD = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	SD	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

4.2.1 หาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ดัชนีค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 248-249.)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อหาดัชนีค่าความยาก (P_E) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิค 25% ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตรของ วิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2539: 199-201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: Unpaged)

4.2.2.1 ดัชนีค่าความยาก (P_E) คำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

4.2.2.2 ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

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

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

4.2.3 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัยและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 312)

$$a = \frac{k}{k-1} \left(\frac{\sum s_i^2}{\sum s_t^2} - \frac{S^2}{N} \right)$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ

S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ
Σ	แทน	ผลรวมทั้งหมด

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.3.1 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา กับเกณฑ์ โดยใช้สูตร t – test for one sample (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 134)

$$t = \frac{\bar{X} - m_0}{S_{\bar{X}}}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	m_0	แทน	ค่าคงที่ค่าหนึ่ง
	$S_{\bar{X}}$	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

(Standard error of mean) ซึ่ง $S_{\bar{X}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$

เมื่อ	S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ กลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

4.3.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา กับเกณฑ์ โดยใช้สูตร t – test for one sample (เช่นเดียวกับข้อ 4.3.1)

4.3.3 ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยการใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 312)

$$r_{xy} = \frac{NS_{XY} - S_X S_Y}{\sqrt{(NS_X^2 - (S_X)^2)(NS_Y^2 - (S_Y)^2)}}$$

เมื่อ	r	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X

$\sum Y$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\sum Y^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\sum XY$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y
N	แทน	จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลจากการทดลองและการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
s	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 65 ของคะแนนเต็ม)
g	แทน	คะแนนเต็ม
t	แทน	ค่าสถิติที่นำมาใช้ในการพิจารณา (t = Distribution)
n - 1	แทน	ระดับชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอตามลำดับดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65
2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65
3. ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65 ใช้สูตร t - test for one sample ผลปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	n	g	\bar{X}	s	μ_0 (65%)	t
การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์	38	12	8.05	2.013	7.8	0.758
การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น	38	12	6.79	1.510	7.8	-4.122
การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง	38	12	10.55	1.996	7.8	8.502**
ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 3 ด้าน	38	36	25.39	4.130	23.4	2.977**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t_{(.01; df 37)} = 2.718$)

จากตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 3 ด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65

และเมื่อแยกเป็นรายด้านจะพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ไม่มีหลักฐานยืนยันว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 และการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 แสดงว่า ไม่มีหลักฐานยืนยันว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65

แต่ความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎี

พหุปัญญาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65

2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65 ใช้สูตร t -test for one sample ผลปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 65

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	n	\bar{X}	s	$\mu_0(65\%)$	t
ความคิดสร้างสรรค์รวมทั้ง 6 ด้าน	38	37.10	14.464	32.35	2.023

(μ_0 คือ คะแนนที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 65 ของผู้เข้าสอบทั้งหมด)

จากตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า ไม่มีหลักฐานยืนยันว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาจะส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65

3. ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยการนำสถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน ผลปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์การศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	r	t
ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	.149	.938

จากตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ไม่มีหลักฐานยืนยันว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา กับเกณฑ์
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา กับเกณฑ์
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65
3. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

วิธีการดำเนินการของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง จำนวน 1 ห้องเรียน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Clustered Random Sampling) ซึ่งได้มาจากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน ทางโรงเรียนมีการจัดห้องแบบคละความสามารถและเลือก

กลุ่มตัวอย่างมา 1 ห้องเรียน โดยใช้วิธีการจับสลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 15 ข้อ มีค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง 0.44 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.22 – 0.66 และมีความเชื่อมั่น 0.866
3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ มีความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.35 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.10 – 0.40 และมีความเชื่อมั่น 0.66

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการสอนกับกลุ่มตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นระยะเวลารวม 16 คาบ
2. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ มาทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง จำนวน 38 คน โดยใช้เวลา 90 นาที
3. นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย มีลักษณะคำถาม 6 ด้าน จำนวน 6 ข้อ มาทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์) สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตบูรพา ดอนเมือง จำนวน 38 คน โดยใช้เวลา 90 นาที
4. ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้วให้คะแนนบันทึกผล จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้านและแยกเป็นรายด้านเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้สถิติวิเคราะห์แบบ t-test for One Sample
2. วิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 ด้าน โดยใช้สถิติวิเคราะห์แบบ t-test for One Sample
3. วิเคราะห์ผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติวิเคราะห์แบบสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

สรุปผลการวิจัย

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และแยกเป็นรายด้านได้ดังนี้

1.1 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65

1.3 ความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ อภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากสมมติฐานข้อที่ 1 “นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65” จากการทดลองพบว่า หลังจากที่นักเรียนได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาแล้วทำให้ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 แต่เมื่อแยกเป็นรายด้าน 3 ด้าน ได้แก่ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง จะพบว่ามีความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงเท่านั้นที่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจาก

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการเชื่อมโยงจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์กับความสามารถทั้ง 8 ด้านของทฤษฎีพหุปัญญา ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้วิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ เน้นการเรียนการสอนให้นักเรียนนำความสามารถทางพหุปัญญาไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ จึงส่งผลให้ความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังส่งผลให้ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 3 ด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ เฮวาร์ด การ์ดเนอร์ (1983: 60-61) ที่ได้กล่าวว่า “ความสามารถทางเชาวนปัญญาของมนุษย์นั้นหมายถึงความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นปัญหาที่แท้จริงหรือเป็นอุปสรรคที่ได้เผชิญ” และเนื้อหาเรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆมาประยุกต์เข้ากับชีวิตประจำวันเป็นส่วนใหญ่ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนอย่างเป็นรูปธรรมและสามารถนำไปใช้ได้จริง และยังสอดคล้องกับไพพยอม พิมพ์พาเรือ (2549: 1-3) ที่ได้กล่าวถึงการพัฒนาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า “ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น หรือนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน”

เช่นเดียวกับผลการวิจัยของฮันเตอร์ (Hunter. 2006: Online) ที่ได้นำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จนประสบความสำเร็จ สอดคล้องกับชาน(Chan. 2001: 215) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชาวจีนที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีพหุปัญญาผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่แมทธิว (Matthews. 2006: Abstract) ได้ศึกษาการนำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่าการเรียนแบบบูรณาการบทเรียนตามทฤษฎีพหุปัญญานี้ทำให้นักเรียนมีทักษะทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น และฮาร์ดี้ (Hardy. 2005: Abstract) ได้ศึกษาการสอนโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา พบว่ามีการเรียนรู้ที่

หลากหลายและได้ประสบการณ์การเรียนรู้ทางสังคม

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นการประยุกต์เนื้อหาให้เข้ากับทฤษฎีพหุปัญญา ซึ่งมีความสามารถทั้งหมด 8 ด้าน คือ 1) ความสามารถด้านภาษา 2) ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ 3) ความสามารถด้านทัศนสัมพันธ์/มิติสัมพันธ์ 4) ความสามารถด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว 5) ความสามารถด้านดนตรี/จังหวะ 6) ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น 7) ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง และ 8) ความสามารถด้านธรรมชาติ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ในขณะที่ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมเท่านั้น และแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นจะเน้นไปที่ความรู้ในส่วนนี้ค่อนข้างมาก และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างดี ผู้วิจัยเองก็ไม่ได้ทดสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อน จึงอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 ซึ่งสอดคล้องกับไพพยอม พิมพ์พาเรือ (2549: 1-3) “ได้กล่าวถึงองค์ประกอบหลักที่จะพัฒนาการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ว่าจะต้องมีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้นและมีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆที่ต้องการเป็นอย่างดี” และยังสอดคล้องกับคณะกรรมการการศึกษาแห่งรัฐนิวเจอร์ซีย์ (New Jersey State Board of Education. 1996: Online) “ได้กล่าวไว้ว่าการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์จะเกิดขึ้นได้โดยการใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้าและหลักสูตรที่ออกแบบขึ้นเพื่อให้ นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง” และเมื่อนักเรียนเกิดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์แล้วก็จะสามารถนำความรู้นั้นไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 147) “ได้กล่าวว่าในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นนั้น นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการคิดและอนุมานข้ามหัวข้อต่างๆได้ นักเรียนควรจะได้มีการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และกระบวนการใหม่ๆที่สามารถประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในวิชาคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆได้”

2. จากสมมติฐานข้อที่ 2 “นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65” จากการทดลอง พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาแล้วทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจาก

ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการพัฒนา ได้รับการส่งเสริมและกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่จากตัวของนักเรียนเพียงอย่างเดียว ครูเองต้องเปิด

โอกาสให้เด็กได้แสดงความคิดเห็น ไม่ปิดกั้นความคิด และครูต้องมีความตั้งใจที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วย และยังมีตัวแปรอื่นๆที่สำคัญต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น ผู้ปกครอง บรรยากาศในห้องเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับทอแรนซ์ (อาร์ พันธ์มณี. 2546: 91-92; อ้างอิงจาก Torrance. 1959: Unpaged) ที่ว่า “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นั้นต้องใช้เวลา ควรให้มีการพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองและส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้จินตนาการของตนเองอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอและครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ชี้แนะลดการอธิบายและบรรยายลงบ้าง เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น” และยังสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2534: 16-17) ที่ว่า “พึงระลึกเสมอว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ต้องค่อยเป็นค่อยไป กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง และส่งเสริมให้นักเรียนถามและให้ความสนใจต่อคำถามรวมทั้งชี้แนะแหล่งคำตอบ” และสอดคล้องกับชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 48) ที่ว่า “ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามแม้คำถามนั้นจะไม่ตรงประเด็น และครูควรจัดกิจกรรมต่างๆที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์”

เช่นเดียวกับงานวิจัยของสุริเยส สุขแสง (2548: 73-80) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนปกติ เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่พัฒนาได้ลำบาก นักเรียนต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้เวลานานเพียงพอและทำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของราตรี เกตุบุตรตา (2546: 98-103) ที่ได้ศึกษาผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนแบบปกติ เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นสมบัติที่มีอยู่ในตัวของบุคคลทุกคน ซึ่งในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนนั้นจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอและจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

3. จากสมมติฐานข้อ 3 “ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์” จากการทดลองพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงไม่จำเป็นต้องมีความคิดสร้างสรรค์สูงไปด้วย ทั้งนี้จะเป็นผลมาจาก ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อาจจะไม่ได้มีอิทธิพลโดยตรงมาจากความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ น่าจะมีปัจจัยอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับไพพยอม พิมพ์พาเรือ

(2549: 13) ที่ว่า “ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มาจากความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่เด่นชัด นำความรู้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่างๆได้ และมีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย” และยังสอดคล้องกับสภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (พงศธร มหาวิทยาลัย. 2550: 52; อ้างอิงจาก NCTM. 1989: 359) ที่ว่า “สิ่งหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ คือ การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีการเข้าถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ” ในส่วนของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก็น่าจะมีปัจจัยอื่นที่มีความสัมพันธ์กันโดยตรงมากกว่า ดังเช่นที่ ชัยศักดิ์ สีสัจรสกุล (2542: 45) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาด้วยการคิดอย่างลึกซึ้ง ที่นอกเหนือไปจากการคิดปกติธรรมดา เป็นลักษณะภายในตัวบุคคลที่สามารถคิดได้หลายแง่หลายมุมผสมผสานจนได้ผลผลิตใหม่ ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า และยังสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 133) ที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และ วิจารณ์ญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

เช่นเดียวกับงานวิจัยของกุลภัสสร ศิริพรรณ (2545: 97-103) ที่ได้ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถทำได้โดยการส่งเสริมลักษณะเฉพาะบุคคล ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การสนับสนุนการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้ปกครอง และส่งเสริมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มีครูเป็นบุคคลสำคัญในการส่งเสริม ได้แก่ บรรยากาศในห้องเรียนและพฤติกรรมการสอนของครู

ข้อสังเกตจากการวิจัย

1. ในการเรียนแต่ละคาบต้องใช้เวลาในการทบทวนบทเรียนและอธิบายเนื้อหามาก ทำให้บางครั้งการสอนไม่ได้เป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้
2. เด็กไทยส่วนใหญ่มีการท่องจำที่เก่งแต่ไม่ค่อยใช้ความคิดจินตนาการมากนัก จึงทำให้นักเรียนไม่ค่อยใช้ความคิดของตนเอง คอยให้ครูเฉลยหรืออธิบายมากกว่า
3. การนำปัญหาไปใช้ในการสอน ผู้สอนต้องมีความสามารถทางปัญญาดูด้วย แต่ถ้าผู้สอนไม่ชำนาญในด้านใดควรหาผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้นๆเข้ามาร่วมสอนด้วย จึงจะทำให้การเรียนการสอนนั้นราบรื่นและน่าสนใจ
4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจในเรื่องปัญหาอย่างมาก ชักถามถึงความสามารถในด้านต่างๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนก็ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทุกคนได้แสดงออกถึงความสามารถและศักยภาพของตนเอง กิจกรรมส่วนใหญ่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริงรอบๆตัว

นักเรียน เป็นความรู้รอบตัวของนักเรียนทำให้นักเรียนสนใจและสามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

5. ในบางกิจกรรมใช้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยเกินไป เนื้อหาน้อยไป เช่น กิจกรรมดวงจันทร์นำรู้ ครูผู้สอนควรเพิ่มเนื้อหาและกิจกรรมให้มากขึ้น และในบางกิจกรรมเนื้อหาก็เยอะเกินไป เช่น กิจกรรมออกแบบสินค้า ผู้สอนอาจจะเพิ่มคาบเรียนอีก 1 คาบเรียนได้ เพราะในการออกแบบสินค้าอย่างเดียวนักเรียนใช้เวลาประมาณ 1 คาบเรียน อีก 1 คาบเรียนจัดให้เป็นการตอบคำถามในใบกิจกรรมและนำเสนอผลงาน

6. การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยต้องมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนทุกคน และให้นักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ ไม่ปิดกั้นความคิดของนักเรียนและเอาใจใส่ต่อนักเรียนทุกคนด้วยความเมตตาและอดทน ซึ่งจะส่งผลต่อพัฒนาการของผู้เรียนเป็นอย่างมาก

7. ครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำในการเรียน ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิด-วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทำกิจกรรม ซึ่งจะทำให้นักเรียนตื่นตัวอยู่เสมอและเกิดการเรียนรู้กิจกรรมนั้นได้อย่างดี

8. การที่นักเรียนได้มีการนำเสนอผลงานของตนหลังการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดของตนเองหรือกลุ่ม แล้วได้นำข้อผิดพลาดนั้นไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจและตั้งใจที่จะสร้างสรรค์ผลงานให้ดียิ่งๆขึ้นไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาจะเกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ถ้าครูผู้สอนได้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น โดยให้นักเรียนที่มีความสามารถในด้านต่างๆมาช่วยออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสามารถด้านนั้นๆ โดยครูคอยให้คำแนะนำ ซึ่งจะทำการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงตามศักยภาพของนักเรียนและมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงกับโลกจริง ถ้าครูผู้สอนได้สอดแทรกวิธีการสอนนี้อยู่เสมอก็คงส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างเป็นรูปธรรมและให้นำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์มีความหมายมากยิ่งขึ้น

3. การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นของนักเรียนนั้น จะต้องมีการพัฒนาความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้มาก ผู้สอนจะต้องช่วยนักเรียนให้เคยชินในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง เพื่อที่นักเรียนจะได้นำคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งในเนื้อหาคณิตศาสตร์เองและกับศาสตร์อื่นๆ ต่อไป

4. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองเพียง 3 สัปดาห์ แม้ว่าจะสอนครบ 16 คาบ แต่เป็นการเร่งมากเกินไป ซึ่งในความเป็นจริงการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานนักเรียนต้องเรียนสัปดาห์ละ 3 คาบ ใช้เวลาทั้งหมด 6-7 สัปดาห์ ทำให้ผลของความคิดสร้างสรรค์ออกมาไม่ดีนัก เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ต้องมีเวลาในการพัฒนามากพอจึงจะทำให้ผลที่ได้เป็นไปอย่างที่ตั้งใจไว้ จึงควรได้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปตามที่ได้วางแผนไว้

5. ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ต้องกำหนดเป้าหมายให้เหมาะสมกับผู้เรียน เช่นนักเรียนที่จะเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นไปก็ควรเน้นเนื้อหาที่เข้มข้น ส่วนนักเรียนที่ไม่เรียนต่อหรือเรียนต่อในสายที่ไม่ได้เน้นวิชาคณิตศาสตร์มากนัก ก็ควรลดความเข้มข้นของเนื้อหาลง เน้นการเรียนที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันให้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพุทัญญาเพื่อพัฒนาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่นๆ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ ให้กับนักเรียนในแต่ละระดับชั้น และในเนื้อหาอื่นๆ

2. ควรทำการวิจัยโดยใช้เวลาในการทดลองวิจัยให้นานขึ้นเพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

3. ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพุทัญญาเกี่ยวกับเนื้อหาอื่น

4. ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ร่วมกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอนของครู เป็นต้น

5. ควรได้มีการปรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการเน้นความสามารถในการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กชกร รุ่งหัวไผ่. (2547). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนที่มีต่อความสามารถในการ
คิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง
การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3). วิทยานิพนธ์
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). **ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียน
การสอนการวัดประเมินผล**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.
- กรมสามัญศึกษา. (2543). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542**. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กัญฉภัทร นิธิศรวราภากุล. (2550). การเปรียบเทียบความสามารถทางพหุปัญญาของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบมุ่งประสบการณ์ภาษา (รูปแบบ
ที่ 2) กับการสอนแบบเดิม. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- การ์ดเนอร์, โฮเวิร์ด. (2548, เมษายน). Multiple Intelligences Learning Style, Leadership
& Ethics. *บันทึกคุณแม่*. 12(141): 104-110.
- กุลภัสสร ศิริพรรณ. (2545). การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา
จังหวัดขอนแก่นด้วยการวิเคราะห์พหุระดับ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติ
ทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- กุลยา ดันดีผลาชีวะ. (2550, มกราคม). พหุปัญญากับความหมายในทางปฏิบัติ. *วารสาร
การศึกษาปฐมวัย*. 11(1): 35-41.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2543). **จอมปราชญ์นักการศึกษา**. กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.
----- (2545). **การคิดเชิงสร้างสรรค์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.
- คมสัน ตรีไพบูลย์. (2548). การศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูคณิตศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษา
คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- จูลิน ลีละสิริ. (2551. พฤษภาคม). คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน. **My Math**. 4(5): 35-39.
- จำลอง ภูบารุง. (2544, กรกฎาคม). ความคิดสร้างสรรค์นั้นสำคัญไฉน. **วารสารการศึกษา กทม.** 24(10): 26-29.
- ไฉไล สะยะรักษ์. (2545). รูปแบบการสอนแนวพหุปัญญาในโรงเรียนประถมศึกษา. **วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(บริหารการศึกษา)**. ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยพฤกษ์ เสรีรักษ์; และ บังอร เสรีรักษ์. (2543). รายงานผลการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาพหุปัญญา. กรุงเทพฯ: สำนักโครงการพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการ ประถมศึกษาแห่งชาติ.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2542). ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่าย **คณิตศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเทอร์เน็ต โพรเกรสซิฟ.
- ชาญแมน, แคนโรลิน. (2544). ก้าวไกลกับร่องเท้าคู่แข่ง...วิธีพัฒนาพหุปัญญาในห้องเรียน. แปลโดย มัลลิกา พงศ์ปริตร. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชนา.
- ณรงค์วัฒน์ มิ่งมิตร. (2549, กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ภาษาไทยเรื่อง ชุมชนบ้านสมเด็จพระยาโดยใช้กิจกรรมตามทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 4. **วารสารสารสนเทศ**. 7(2): 121-136.
- ถนอมเกียรติ งานสกุล. (2545). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับ สถานการณ์ต่าง ๆ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต. สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2551, จาก <http://kroo.ipst.ac.th/teacher/result/result.php?mem=read&nid=314>.
- ทวีศักดิ์ สิริรัตน์เรขา. (2549, มีนาคม). พหุปัญญาอัจฉริยภาพหลากหลายมิติที่น่าค้นหา. **อัพเดท**. 21(222): 63-64.
- ธีรนาถ ธงงาม. (2548). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการ แปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด. **วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษา คณิตศาสตร์)**. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นัฐจิตา โพธิ์เพชร. (2545). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค **4MAT** ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3. **วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์)**. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- นิกา แก้วศรีงาม. (2547, พฤศจิกายน). ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative Thinking). *วงการครู*. 1(11): 83-85.
- ปีเชเนอร์, ลินเน. (2545). เกมและกิจกรรมพัฒนาเชาวน์ปัญญาหลายแบบ MI (Multiple Intelligences) และลักษณะนิสัย (Life Habits) ในทุกชั้นเรียน. แปลโดย ชนวัฒน์ ศรีสอาน; และณัฐพงศ์ เกศมาริช. กรุงเทพฯ: เปรนเน็ท.
- เบลแลนกา, เจมส์. (2544). 108 วิธีวัดและประเมินพหุปัญญา. แปลโดย เฉลียวศรี พิบูลชล. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชนา.
- บุญญาธิสา แซ่หล่อ. (2550). การบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ป.มหาพันธ์. (2539). สอนเด็กให้มีความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ปาจริย์ ไทรงาม. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(วัดผลการศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- ปานจิต รัตนพล. (2547). ผลของการใช้ปัญหาปลายเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พงศธร มหาวิจิตร. (2550, สิงหาคม-ตุลาคม). กิจกรรมเสริมสร้างทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ สาระการเรียนรู้จำนวนและการดำเนินการและเรขาคณิต. *วารสารคณิตศาสตร์*. 52(587-589): 47-60.
- พนารัตน์ สมานไทย. (2547). การสร้างแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาด้านตรรกะและคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 3 ตามทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(การวัดและประเมินผลการศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พีระ รัตนวิจิตร; และคนอื่นๆ. (2544). การประยุกต์ทฤษฎีพหุปัญญาสู่การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.
- โพธิ์ทิพย์ วัชรสวัสดิ์. (2547). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(คณิตศาสตร์ศึกษา).

- กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. ถ่ายเอกสาร.
- ไพพยอม พิมพ์พาเรือ. (2549). รายงานสรุปผลการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เห็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์”. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ยุทธนา ปฐมวราชาติ. (2546, กุมภาพันธ์). พหุปัญญา (Multiple Intelligences): แนวคิดการจัดการเรียนรู้สู่ความเป็นอัจฉริยภาพของคนเก่ง คนดีและมีความสุข. วารสารวิชาการ. 6(2): 39 – 47.
- เยาวพา เดชะคุปต์. (2544). เอกสารในการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “พหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัย” ณ ห้องประชุมใหญ่โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ราตรี เกตุบุตรดา. (2546). ผลของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- รายงานสภาวะการศึกษาไทยปี 49-50 พบปัญหาหลายด้านที่ต้องแก้ไข. (2551, มีนาคม). วารสารการศึกษาไทย. 4(42): 4-9.
- รังสรรค์ โฉมยา. [ม.ป.ป.]. **Multiple Intelligence**. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2551, จาก <http://school.obec.go.th/smallschoolbr/mibr/download/rangsan.ppt>.
- โรงเรียนชุมชนแหลมทอง. [ม.ป.ป.]. พหุปัญญา. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2551, จาก http://www.geocities.com/kritsana_2002/newpage3.htm.
- ลิลลา ดลภาค. (2549). กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เห็นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2543). เทคนิคการวัดผลและการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วันฉุย ไซยลา. (2550). การศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และแบบเรียนต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วาริรัตน์ แก้วอุไร; และสุปราณี ไกรวัฒนุสรณ์. (2541, มกราคม – เมษายน). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามทฤษฎีพหุปัญญา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2(3): 84 – 104.
- วันดี สุดสิน. (2550). ความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบพหุปัญญาเพื่อการเรียนรู้. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การศึกษาปฐมวัย). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สเติร์นเบิร์ก, โรเบิร์ต. (2545). การสอนเพื่อปัญญาแห่งความสำเร็จ. แปลโดย อารี สันหนวี. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.
- สมพงษ์ สิงหะพล. (2549). กระบวนการเรียนรู้เพื่อการศึกษาและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 1(ฉบับพิเศษ): 29-40.
- สมลักษณ์ วิจบ. (2548). การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา เรื่องรูปแบบวงกลมและรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม.(หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดารวรรณ. (2539). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สืบแสง พรหมบุญ. (2550). ศาสตราจารย์ ไฮเวิร์ด การ์ดเนอร์ กับ ทฤษฎีพหุปัญญา : ความฉลาดที่หลากหลาย. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2551, จาก <http://www.knit.or.th/muatest/muafiles/Steering%20Committee>.
- สุนทร โคตรบรรเทา. (2548). ทฤษฎีพหุปัญญา. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. กระทรวงศึกษาธิการ.
- สุปราณี ไกรวัฒนุสรณ์; และคณาพร คมสัน. (2544). การศึกษาผลการสอนภาษาอังกฤษตามทฤษฎีพหุปัญญาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดกรมสามัญศึกษา. คณะกรรมการวิจัยการศึกษา การศาสนา การวัฒนธรรม. กระทรวงศึกษาธิการ. ถ่ายเอกสาร.
- สุศักดิ์ หลาบมาลา. (2541. พฤษภาคม). การใช้พหุปัญญาในห้องเรียน. การศึกษาเอกชน 8(76): 13-15.
- สุรชัน อินทสังข์. (2547, มีนาคม). พหุปัญญา. อัพเดท. 19(198): 104-106.

- สุรางคณา ยาหยี. (2549). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุริเยส สุขแสง.(2548). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา. (2545). แนวทางการจัดการและประเมินผลในชั้นเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ: รัตนพรชัย.
- องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์. สืบค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม, จาก www.wk.ac.th/project/kanyarat/project2/องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์.
- อนันตนิจ โปธิ์ถาวร. (2547). ผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโลกจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อรพรรณ พรสีมา. (2543). การคิด. กรุงเทพฯ. สถาบันพัฒนาทักษะการคิด.
- อรพรรณ สง่า. (2547). ผลการใช้ชุดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- อารียา จิตรมิตร. (2544). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนตามแนวพหุปัญญากับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- อารี พันธุ์ณี. (2538). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: 1412.
- . (2540). ความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ดันอ้อ แกรมมี่.
- . (2546). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ไยใหม่.
- อารี สัตถ์หนวี. (2541, กันยายน – ธันวาคม). ทฤษฎีพหุปัญญา (Theory of Multiple Intelligences). วารสารการวัดผลการศึกษา. 20(58): 1-17.
- . (2543). พหุปัญญาในห้องเรียนวิธีการสอนเพื่อพัฒนาปัญญาหลายด้าน.

- กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2547). **พหุปัญญาประยุกต์**. กรุงเทพฯ: สมาคมเพื่อการศึกษาเด็ก.
- อาร์มสตรอง, โธมัส. (2542). **พหุปัญญาในห้องเรียน : วิธีสอนเพื่อพัฒนาปัญญาหลายด้าน**. แปลโดย อารี สัณหฉวี. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ.
- (2546). **ความเก่ง 7 ชนิด: ค้นหาและพัฒนาพหุปัญญาในตน**. แปลโดย อารี สัณหฉวี. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- (2549). **เชื่อเถอะ! หนูฉลาดกว่าที่คิด**. แปลโดย พีรณา ธิกุลสุรกาน. กรุงเทพฯ: แสบปี แพมิลี่.
- อุษณีย์ อนุรุทรวงศ์. (2545). **ฝึกเด็กให้เป็นนักคิด**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- เอมอร สุมามาลย์. (2548). **ผลการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการเปลี่ยน มุมมองที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จังหวัดน่าน**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (ศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.
- Abiator's Online Multiple Intelligence Assessment. (n.d.). **Multiple Intelligence Assessment**. Retrieved June 5, 2008, Available from: http://www.berghuis.co.nz/abiator/lsi/mi_test.html.
- Aramstrong, T. (2000). **Multiple Intelligences in the Classroom**. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Ashcroft, Kate; & James, David. (1999). **The Creative Professional: Learning to Teach 14-19-Year- Olds**. New York: Falmer Press.
- Balka, D. S. (1974a). Creative ability in mathematics. **Arithmetic Teacher**. 21(7): 633-636.
- (1974b). The development of an instrument to measure creative ability in mathematics. **Dissertation Abstract International**. 36(01): 98. (UMI no. AAT 7515965).
- Barnard, Tony ; & Tall, David. (1997). **Cognitive Units, Connections and Mathematical Proof. Finland : Proceedings of PME 21**. Retrieved May 5, 2008. Available from: www.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot1997d-barnard-cog-units.pdf.
- Beachner, Lynne. (2001). **Multiple Intelligences and Positive Life Habits : 174 Activities for Applying Them in Your Classroom**. California: Corwin Press.
- Cavey, Laurie Overman. (2002). Growth in Mathematical Understanding while Learning to Teach Right Triangle Trigonometry: Patterns of Growth and Connection Building

- through Lesson Plan Study. **Proquest Dissertation And Theses 2002**. Ph.D. Dissertation (Mathematics Education). North Carolina: North Carolina State University. Retrieved May 25, 2008, Available from: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=726469441&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.
- Chan, C. M. E. (2007). Using open-ended mathematics problem: A classroom experience (Primary). In C. & R. B. A. Rahim (Eds.). **Redesigning Pedagogy: Voices of Practitioners**. Singapore: Pearson Education South Asia.
- Chan, David W.. (2001, December). Assessing Giftedness of Chinese Secondary Students in Hong Kong: a multiple intelligences perspective. **High Ability Studies**. 12(2): 215–234.
- Cropley, A. J.. (1966). Creative and Intelligence. **The British Journal of Educational**. 36(11): 259-266.
- Epellbaum, Diana. (2007, May). Multiple Intelligence Assessments Give Insight into Reading Comprehension Difficulties and Potential: A Case Study. **The International Journal of Learning**. 14(5). 243-251.
- Eric, Chan Chun Ming. (2008, July). **The Use of Mathematical Modelling Tasks to Developing Creativity**. Proceedings of the Discussing Group 9 : Promoting Creativity for all students in Mathematics Education of the 11th International Congress on Mathematical Education, 2008 July 6-13; Monterrey, Mexico. p. 207- 216.
- Evitts, Thomas A.. (2004). **Investigating the mathematical connections that preservice teachers use and develop while solving problems from reform curricula**. Ph.D. Dissertation Retrieved May 15, 2008. Available from: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=845710771&sid=1&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>
- Ferrini-Mundy, Joan; & Martin, W.Gary.. (2003). Using Research in Policy Development: The Case of the National Council of Teachers of Mathematics' Principles and Standards for School Mathematics. **A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics**. (pp. 395-406). Reston, VA. National Council Of Teachers of Mathematics.
- Furman, A.. (1998). Teacher and pupil characteristic in the perception of the creativity of classroom climate. **Journal of Creative Behavior**. 32(fourth Quarter): 258-276.
- Gainsburg, Julie. (2008, June). Real-world Connections in Secondary Mathematics Teaching. **Journal of Mathematics Teacher Education**. 11(3): 199-219.

- Gallagher, J.J. ;& Gallagher, S.A.. (1994). **Teaching the Gift Child**. United State of America: Allyn & Bacon.
- Gannon, Margaret. (2005). Identifying Teachers' Dominant Multiple Intelligence and the Influence on Classroom Instruction. **Proquest Dissertation And Theses 2005**. Ed.D. Dissertation (Elementary education). Pennsylvania: Immaculata College. . Retrieved May 25, 2008, Available from : <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=828450181&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.
- Gardner, Howard. (1983). **Frames of Mind**. New York: Basic Book, Inc., Publishers.
- (2000). **The Disciplined Mind**. New York: Penguin Groupe.
- Guilford, J. P.. (1967). **The Nature of Human Intelligence**. New York: McGraw-Hill.
- Gupta, Arun K.. (1980). **A Study of Classroom Teaching Behaviour and Creativity**. New Delhi: N. Gopinath for Light & Life.
- Güneysu, Sibel; Özdemir, Pinar; & Tekkaya, Ceren. (2006, April). Enhancing Learning Through Multiple Intelligences. **JBE**. 40(2): 74-78.
- Hardy, Rita J. (2005). How can Multiple Intelligences Empower Secondary Students to Confront the Traditional Instructional Practices of the Dominant Culture?. **Proquest Dissertation And Theses 2005**. Ed.D. Dissertation(Secondary education). Pennsylvania: Saint Joseph's University. Retrieved May 25, 2008, Available from : <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=913511581&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.
- Haylock, D.W. (1985). Conflicts in the assessment and encouragement of mathematical creativity in schoolchildren. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**. 16: 547-553.
- (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. **Educational Studies in Mathematics**. 18(1): 59-74.
- (1997). Recognizing mathematical creativity in schoolchildren. *International Reviews on Mathematical Education*. 29(3): 68-74.
- Hoerr, Thomas R. (2000). **Becoming A Multiple Intelligences School**. Virginia : Association for Supervision and Curriculum Development.
- Hoong, Fong Kok. (2008, July). **Promoting Mathematical Creativity for all Students with Creative Assessment**. Proceedings of the Discussing Group 9 : Promoting Creativity for all students in Mathematics Education of the 11th International Congress on Mathematical Education, 2008 July 6-13. Monterrey, Mexico.

p. 230-234.

Hopkins, Gary. (2008). **Making Connections Between Math and the Real World.**

Retrieved May 25, 2008, Available from: http://www.education-world.com/a_curr/curr021.shtml.

Hunter, Janet. (2006). **Making the Connection: Utilising Multiple Intelligences to Measure Teaching and Learning Success in Mathematics.** NSW. :

Preparatory Mathematics, Continuing Education, University of Sydney.

Retrieved May 5, 2008, Available from: www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap91.pdf.

Hyde, Arthur. (2007, November). Mathematics and Cognition. **Educational Leadership.** 65(3): 43 – 47.

Iyer, Nithya Naray anaswamy. (2006). Instructional Practices of Teachers in Schools that Use Multiple Intelligences Theory (SUMIT). **Proquest Dissertation And Theses 2006.** Ed.D. Dissertation (Educational Psychology). Ohio: University of Cincinnati.

Retrieved May 25, 2008, Available from : <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1150819821&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.

Kelly, Terri Benita Amanda Gregory. (2005). A Study of the Teaching of Mathematics through Multiple Intelligences and Differentiated Instructions with Selected Third Grade Teaching. **Proquest Dissertation And Theses 2005.** Ph.D. Dissertation (Elementary education). Ohio: Union Institute and University. Retrieved May 25, 2008, Available from : <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=862926141&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.

King, Susan M.. (2005). Teachers' Attention to Building Students' Understandings of Mathematics: An Investigation of the Influence of Experience and Professional Development. **Proquest Dissertation And Theses 2005.** Ph.D. Dissertation (Mathematics Education). Kansas: Te University of Kansas.. Retrieved May 25, 2008, Available from: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=982788491&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName=PQD>.

Krutetskii, V. A.. (1976). **The Psychology of Mathematical Abilities in School Children.** Chicago: University of Chicago Press.

Maasz, Juergen. (2007, February- April). Cars and Calculation: Some Proposals for Teaching Real World Mathematics. **MSOR Connections.** 7(1): 4-8.

- Mann, Eric L.. (2006). Creativity: The Essence of Mathematics. **Journal for the Education of the Gifted**. 30(2): 236 – 260 .
- Matthews, Fred. (2006). MI Squared: Multiple Intelligences in Math Instruction. **Proquest Dissertation And Theses 2006**. M.A.E. Dissertation (Mathematics Education). Washington: Pacific Lutheran University. Retrieved May 25, 2008, Available from: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1338842521&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309 &VName=PQD>.
- McCook, Ian J.. (2007. September/ October). Integrated Instruction: Multiple Intelligences and Technology. **The Clearing House**. 81(1): 25-28.
- McMahon, Susan D.. (2004,January). Multiple Intelligences and Reading Achievement: An Examination of the Teele Inventory of Multiple Intelligences. **The Journal of Experimental**. 73(1): 41-52.
- Marriner, Harriet. (2006. May/June). Creativity and Education for the Future. **The Clearing House**. 79(5): 217.
- Martin, Hope. (2000). **Multiple Intelligences and Standards-Based Mathematics**. Illinois: Skylight professional development.
- Multiple Intelligences for Adult Literacy and Education. (n.d.). **Assessment: Find Your Strangths**. Retrieved June 5, 2008. Available from: <http://literacyworks.org/mi/assessment/findyourstrengths.html>.
- National Council of Teacher of Mathematics. (1989). **Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics**. Reston, VA: Author.
- (1991). **Professional Standards for Teaching Mathematics**. Reston, VA: Author.
- (1995). **Assessment Standards for School Mathematics**. Reston, VA: Author.
- (2000). **Principles and Standards for School Mathematics**. Reston, VA: Author.
- (2003, September). Connecting Mathematics and Literature in the Middle School. **Mathematics Teacher in the Middle School**. 9(1): 16.
- (2004, May). Connecting Mathematics and Science in the Middle Grades. **Mathematics Teacher in the Middle School**. 9(9): 483.
- (2008). **Principles and Standards for School Mathematics**. Retrieved May 14, 2008. Available from: <http://standardstrial.nctm.org/triallogin.asp>.

- New Jersey State Board of Education. (1996). **The New Jersey Mathematics curriculum Framework**. Retrieved April 14, 2008. Available from: http://dimacs.rutgers.edu/nj_math_coalition/framework.html.
- P. McCoy, Leah; & M. Shaw, Jean. (2003, September). Patchwork Quilts: Connections with Geometry, Technology and Culture. **Mathematics Teacher in the Middle School**. 9(1): 46-50.
- Pehkonen, H.. (1999). **Fostering of Mathematics Creativity**. Retrieved July 12, 2008, Available from: <http://www.fiz-karl.de/zdma1.pdf>.
- Piggott, Jennifer. (2007, May). Cultivating Creativity. **Mathematics Teaching**. 202(3-6).
- Plamberg, Rolf. (2006). **Catering to Multiple Intelligences : A foreign-language lesson plan involving houses**. Retrieved May 14, 2008. Available from: <http://www.tefl.net/esl-lesson-plans/multiple-intelligences.htm>.
- Polya, G.. (1957). **How to solve it**. Princeton, NJ: Princeton University.
- Rajaraman, R.. (2005, February). Mathematics and the Real World. **Current Science**. 88(3): 360-365.
- Reed, Michelle K.. (1995). **Making Mathematical Connections in Middle School**. ERIC Digest. Retrieved May 20, 2008, Available from: <http://www.ericdigests.org/1996-1/middle.htm>.
- Renzulli, J. S.; Leppien, J. H.; & Hays, T. S.. (2000). **The Multiple Menu Model: A Practical Guide for Developing Differentiated Curriculum**. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press.
- Roddy, Mark Robert. (1992). **Mathematics teachers' conceptions of "connections"**. Ph.D. Dissertation, University of Washington. Retrieved May 15, 2008, Available from: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=744691631&sid=1&Fmt=2&clientId=61839&RQT=309&VName>.
- Sala, Nicoletta. (2001). **Multimedia Technologies: A New Way to Analyze the Connections between the Mathematics, Architecture, and Arts**. Retrieved May 19, 2008, Available from: <http://math.unipa.it/~grim/Jsala.PDF>.
- Salcedo, Jesus. (2006). Using Implicit and Explicit Theories of Creativity to Develop a Personality Measure for Assessing Creativity. **Dissertation abstract International**. DAI-B 67/05.

- Shearer, C. Branton. (2004, January). Using a Multiple Intelligences Assessment to Promote Teacher Development and Student Achievement. **Teacher College Record**. 106(1): 147-162.
- Sheffield, Linda Jensen. (2006). **Using Creativity Techniques to Add Depth and Complexity to the Mathematics Curricula**. Retrieved June 25, 2008, Available from: http://www.math.ecmu.edu.cn/earcome3/sym1/EARCOME3_Sheffield_Linda_Sym1.doc.
- Smith, Mark K.. (2002). **Howard gardner, Multiple Intelligences and Education**. Retrieved April 19, 2008, Available from: <http://www.infed.org/thinkers/gardner.htm>.
- Starko, Alane, J.. (2001). **Creativity in the Classroom: Schools of Curious Delight**. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Stefanakis, Evangeline Harris. (2002). **Multiple Intelligences and Portfolios : A Window into the Learner's Mind**. New Hampshire: Heinemann.
- Stillman, Gloria A.; & Galbraith, Peter L. (1998, July). Applying Mathematics with Real World Connections: Metacognitive Characteristics of Secondary Students. **Educational Studies in Mathematics**. 36(2): 157 – 195.
- Sylvester, Allen. (2007). An Investigation of Project-Based Learning and Computer Simulations to Promote Conceptual in Eight Grade Mathematics. **Dissertation abstract International**. DAI-A 68/04.
- Taylor, E. I.; & Wozniak, R. H. (1996). **Pure Exoerience, the Response to William James: An introduction**. Retrieved July 5, 2008. Available from: <http://psychclassics.yorku.ca/James/TaylorWoz.htm>.
- Temur, Özlem Dogan. (2007,October). The Effects of Teaching Activities Prepared According to Multiple Intelligence Theory on Mathematics Achievements and Permanence of Information Learned by 4th Grade Students. **International Journal of Environmental & Science Education**. 2(4): 86-91.
- The Australian Education Council. (1990. December). **A National Statement on Mathematics for Australian School**. Brunswick: Impact.
- Torrance, E. P. (1962). **Guiding Creative Talent**. New Delhi: Prentice – Hall, Inc.
- (1966). **Torrance test on creative thinking: Norms-technical manuals** (Research ed.). Lexington, MA: Personal Press.

Whitelaw, Louise A.. (2007). An Evaluative study of Teacher Creativity, Use of the Heuristic Diagnostic Teaching Process and Student Mathematics Performance.

Dissertation abstract International. DAI-A 68/05.

Young, Brian Edward. (2003). **Multiple Intelligences Learning and Equity in Middle School.** Ph.d Dissertation (Education). Sydney: Curtin University of Technology.

Retrieved May 5, 2008. Available from: <http://adt.curtin.edu.au/theses/available/adt-CU20040910.164022/unrestricted/01front.pdf>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
2. ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
3. ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
4. ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
5. ค่า ΣX_i , ค่า ΣX_i^2 , ค่า s_i^2 รายข้อของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
6. ค่า ΣX_i และ ค่า ΣX_i^2 ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
7. ค่า ΣX_i , ค่า ΣX_i^2 , ค่า s_i^2 รายข้อของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
8. ค่า ΣX_i และ ค่า ΣX_i^2 ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
9. ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
10. ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 8 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทาง
คณิตศาสตร์

ข้อ	ความสามารถในการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
1	การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1
2		1	1	1	1
3		1	1	1	1
4		1	1	1	1
5		1	1	0	0.67
6	การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น	1	1	0	0.67
7		1	1	1	1
8		1	1	0	0.67
9		1	1	0	0.67
10		1	1	0	0.67
11	การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง	1	1	0	0.67
12		1	1	1	1
13		1	1	1	1
14		1	1	1	1
15		1	1	1	1

คัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ข้อที่มีค่าดัชนีความ
เที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาจากค่า $IOC < 0.5$ จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่
0.67 – 1

ตาราง 9 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์

ข้อ	ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
1	ความสามารถในการตั้งคำถามทาง คณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผล จากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์	1	1	1	1
2		1	1	1	1
3	ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจาก สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1
4		1	1	1	1
5	ความสามารถในการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการ คิดหลายวิธีให้ได้มากที่สุด	1	1	1	1
6		1	1	1	1
7	ความสามารถในการพิจารณาและประเมิน ปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้น จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1
8		1	1	1	1
9	ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไป และสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจาก สถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1
10		1	1	1	1
11	ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทาง คณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้	1	1	1	1
12		1	1	1	1

คัดเลือกแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ข้อที่มีค่าดัชนีความเที่ยงตรง
เชิงเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาจากค่า IOC < 0.5 จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC เป็น 1

ตาราง 10 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการเชื่อมโยง	ข้อที่	ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่ง (S_U)	ผลรวมคะแนนกลุ่มอ่อน (S_L)	คะแนนสูงสุด (X_{max})	คะแนนต่ำสุด (X_{min})	P_E	D	ผลการพิจารณา
การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์	1	72	55	4	1	0.51	0.22	ใช้ไม่ได้
	2	83	42	4	0	0.63	0.41	ใช้ได้
	3	78	29	4	0	0.54	0.49	ใช้ได้
	4	70	46	4	1	0.44	0.32	ใช้ได้
	5	70	44	4	0	0.57	0.26	ใช้ไม่ได้
การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น	1	91	26	4	0	0.59	0.65	ใช้ได้
	2	68	20	4	0	0.44	0.48	ใช้ไม่ได้
	3	80	20	4	0	0.50	0.60	ใช้ได้
	4	83	21	4	0	0.52	0.62	ใช้ได้
	5	81	20	4	0	0.51	0.61	ใช้ไม่ได้
การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง	1	72	18	4	0	0.45	0.54	ใช้ไม่ได้
	2	77	16	4	0	0.47	0.61	ใช้ไม่ได้
	3	87	21	4	0	0.54	0.66	ใช้ได้
	4	93	37	4	0	0.65	0.56	ใช้ได้
	5	85	32	4	0	0.59	0.53	ใช้ได้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D)

จากข้อที่ 1

หาค่าความยาก (P_E) ,

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{\min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

แทนค่า ; $S_U = 72$, $S_L = 55$, $N = 25$, $X_{\max} = 4$, $X_{\min} = 1$

$$P_E = \frac{72 + 55 - [2(25)(4)]}{2(25)(4 - 1)}$$

$$= 0.51$$

หาค่าอำนาจจำแนก (D)

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

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

แทนค่า $S_U = 72$, $S_L = 55$, $N = 25$, $X_{\max} = 4$, $X_{\min} = 1$

$$D = \frac{72 - 55}{25(4 - 1)}$$

$$= 0.22$$

ตาราง 11 ค่าความยาก (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	ข้อที่	S_U	S_L	X_{max}	X_{min}	P_E	D	ผลการพิจารณา
ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์	1	251	101	20	0	0.35	0.30	ใช้ได้
	2	285	163	29	3	0.23	0.19	ใช้ไม่ได้
ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	1	294	76	23	0	0.32	0.40	ใช้ได้
	2	210	133	31	0	0.22	0.10	ใช้ไม่ได้
ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายวิธีให้ได้มากที่สุด	1	217	59	24	0	0.23	0.26	ใช้ได้
	2	170	42	19	0	0.22	0.27	ใช้ไม่ได้
ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	1	177	42	19	0	0.24	0.31	ใช้ได้
	2	152	46	15	0	0.26	0.28	ใช้ไม่ได้
ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ยากและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์	1	246	46	24	0	0.24	0.33	ใช้ไม่ได้
	2	224	43	18	0	0.30	0.36	ใช้ได้
ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้	1	158	43	13	0	0.31	0.35	ใช้ได้
	2	160	30	15	0	0.20	0.35	ใช้ไม่ได้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D)

จากข้อที่ 1

หาค่าความยาก (P_E) ,

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

แทนค่า $S_U = 251$, $S_L = 101$, $N = 25$, $X_{\max} = 20$, $X_{\min} = 0$

$$\begin{aligned} P_E &= \frac{251 + 101 - 2(25)(0)}{2(25)(20 - 0)} \\ &= 0.35 \end{aligned}$$

หาค่าอำนาจจำแนก (D)

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

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

แทนค่า $S_U = 251$, $S_L = 101$, $N = 25$, $X_{\max} = 20$, $X_{\min} = 0$

$$\begin{aligned} D &= \frac{251 - 101}{25(20 - 0)} \\ &= 0.30 \end{aligned}$$

ตาราง 12 ค่า $\sum x_i$, ค่า $\sum x_i^2$ ค่า S_i^2 รายข้อของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	$\sum x_i$	$\sum x_i^2$	S_i^2
1	273	919	1.75
2	201	599	1.97
3	232	646	1.09
4	230	730	2.03
5	198	602	2.12
6	185	511	1.71
7	209	615	1.80
8	266	878	1.72
9	232	716	1.80

ตาราง 13 ค่า $\sum x_i$ และ ค่า $\sum x_i^2$ ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

คนที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	คนที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$
1	16	256	14	11	121
2	14	196	15	11	121
3	15	225	16	10	100
4	9	81	17	9	81
5	25	625	18	13	169
6	13	169	19	17	289
7	13	169	20	15	225
8	21	441	21	18	324
9	11	121	22	16	256
10	7	49	23	13	169
11	15	225	24	13	169
12	13	169	25	14	196
13	7	49	26	10	100

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2	คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2
27	21	441	56	35	1225
28	10	100	57	26	676
29	9	81	58	14	196
30	10	100	59	30	900
31	9	81	60	34	1156
32	32	1024	61	21	441
33	28	784	62	31	961
34	13	169	63	28	784
35	21	441	64	20	400
36	32	1024	65	25	625
37	20	400	66	28	784
38	12	144	67	34	1156
39	33	1089	68	34	1156
40	27	729	69	29	841
41	34	1156	70	32	1024
42	31	961	71	27	729
43	22	484	72	34	1156
44	29	841	73	23	529
45	17	289	74	29	841
46	31	961	75	32	1024
47	32	1024	76	14	196
48	19	361	77	16	256
49	29	841	78	10	100
50	29	841	79	17	289
51	24	576	80	27	729
52	33	1089	81	17	289
53	27	729	82	14	196
54	18	324	83	14	196
55	29	841	84	14	196

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2	คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2
85	22	484	93	8	64
86	28	784	94	9	81
87	11	121	95	11	121
88	20	400	96	22	484
89	17	289	97	16	256
90	11	121	98	20	400
91	32	1024	99	21	441
92	22	484	100	17	289
S				2,026	47,914

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบ
 อัตโนมัติ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
 k แทน จำนวนข้อสอบ
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
 S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

$$S_i^2 = \frac{N \Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ n แทน จำนวนคนที่เข้าสอบทั้งหมด
 ΣX_i แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 ΣX_i^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

จากตาราง 13 จะได้ $\sum X_i = 2,026$, $\sum X_i^2 = 47,914$

และ $n = 100$

$$S_t^2 = \frac{100(47914) - (2026)^2}{100(100 - 1)}$$

$$= 69.37$$

และจากตาราง 12 จะได้ $k = 9$, $S S_i^2 = 15.99$, $S_t^2 = 69.37$

$$\alpha = \frac{9}{9-1} \left[1 - \frac{15.99}{69.37} \right]$$

$$= 0.866$$

ตาราง 14 ค่า $\sum x_i$, ค่า $\sum x^2$ ค่า S_i^2 รายข้อของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	$\sum x_i$	$\sum x^2$	S_i^2
1	861	9887	24.99
2	674	5950	14.22
3	538	4846	19.71
4	441	3209	12.77
5	462	4230	21.17
6	376	2270	8.65

ตาราง 15 ค่า $\sum x_i$ และค่า $\sum x^2$ ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

คนที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	คนที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$
1	36	1296	17	40	1600
2	78	6084	18	51	2601
3	42	1764	19	43	1849
4	49	2401	20	76	5776
5	48	2304	21	29	841
6	73	5329	22	23	529
7	31	961	23	64	4096
8	29	841	24	34	1156
9	41	1681	25	22	484
10	42	1764	26	29	841
11	42	1764	27	36	1296
12	51	2601	28	67	4489
13	49	2401	29	20	400
14	46	2116	30	81	6561
15	57	3249	31	47	2209
16	47	2209	32	34	1156

ตาราง 15 (ต่อ)

คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2	คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2
33	74	5476	62	14	196
34	41	1681	63	17	289
35	34	1156	64	21	441
36	36	1296	65	30	900
37	40	1600	66	24	576
38	21	441	67	35	1225
39	36	1296	68	28	784
40	30	900	69	28	784
41	30	900	70	44	1936
42	33	1089	71	20	400
43	28	784	72	18	324
44	31	961	73	26	676
45	44	1936	74	16	256
46	20	400	75	16	256
47	46	2116	76	31	961
48	14	196	77	20	400
49	35	1225	78	22	484
50	33	1089	79	15	225
51	39	1521	80	15	225
52	34	1156	81	16	256
53	47	2209	82	21	441
54	30	900	83	27	729
55	36	1296	84	24	576
56	26	676	85	15	225
57	24	576	86	25	625
58	26	676	87	20	400
59	28	784	88	27	729
60	25	625	89	22	484
61	26	676	90	29	841

ตาราง 15 (ต่อ)

คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2	คนที่	ΣX_i	ΣX_i^2
91	13	169	96	26	676
92	10	100	97	20	400
93	22	484	98	36	1296
94	22	484	99	32	1024
95	33	1089	100	41	1681
S				3,345	134,333

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

$$S_t^2 = \frac{N \Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ	n	แทน	จำนวนคนที่เข้าสอบทั้งหมด
	ΣX_i	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	ΣX_i^2	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

จากตาราง 15 จะได้ $\sum X_i = 3,345$, $\sum X_i^2 = 134,333$
 และ $n = 100$

$$S_t^2 = \frac{100(134,333) - (3,345)^2}{100(100 - 1)}$$

$$= 226.69$$

และจากตาราง 14 จะได้ $n = 6$, $\sum S_i^2 = 101.51$, $S_t^2 = 226.69$

$$\alpha = \frac{6}{6-1} \left[1 - \frac{101.51}{226.69} \right]$$

$$= 0.66$$

ตาราง 16 ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทาง
คณิตศาสตร์

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจากผู้ตรวจให้ คะแนนคนที่ 2 (Y)	X ²	Y ²	XY
1	17	19	289	361	323
2	27	26	729	676	702
3	24	23	576	529	552
4	16	16	256	256	256
5	23	24	529	576	552
6	22	22	484	484	484
7	21	21	441	441	441
8	28	30	784	900	840
9	32	32	1024	1024	1024
10	24	24	576	576	576
11	25	25	625	625	625
12	27	26	729	676	702
13	26	26	676	676	676
14	25	27	625	729	675
15	26	27	676	729	702
16	25	25	625	625	625
17	23	22	529	484	506
18	32	32	1024	1024	1024
19	25	24	625	576	600
20	21	20	441	400	420
21	31	31	961	961	961
22	17	17	289	289	289
23	25	24	625	576	600
24	32	33	1024	1089	1056
25	31	30	961	900	930
26	23	23	529	529	529
27	25	25	625	625	625

ตาราง 16 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจากผู้ตรวจให้ คะแนนคนที่ 2 (Y)	X ²	Y ²	XY
28	32	33	1024	1089	1056
29	29	30	841	900	870
30	24	25	576	625	600
31	27	28	729	784	756
32	26	25	676	625	650
33	30	30	900	900	900
34	27	26	729	676	702
35	22	24	484	576	528
36	26	26	676	676	676
37	28	29	784	841	812
38	21	20	441	400	420
Σ	965	970	25,137	25,428	25,265

ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทาง
คณิตศาสตร์ของผู้วิจัยและผู้ตรวจให้คะแนนคนที่ 2 โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์
สัน

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

เมื่อ	r	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X
	ΣY	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y
	ΣX^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣY^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣXY	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y
	N	แทน	จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

แทนค่า $\sum X = 965$, $\sum Y = 970$, $\sum X^2 = 25,137$, $\sum Y^2 = 25,428$
 $\sum XY = 25,265$, $N = 38$

$$r_{XY} = \frac{38(25,265) - (965)(970)}{\sqrt{[38(25,137) - (965)^2][38(25,428) - (970)^2]}}$$

$$= 0.974$$

ตาราง 17 ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจากผู้ตรวจให้ คะแนนคนที่ 2 (Y)	X^2	Y^2	XY
1	20	21	400	441	420
2	19	17	361	289	323
3	37	37	1369	1369	1369
4	33	33	1089	1089	1089
5	36	35	1296	1225	1260
6	33	33	1089	1089	1089
7	40	40	1600	1600	1600
8	26	25	676	625	650
9	30	30	900	900	900
10	50	50	2500	2500	2500
11	32	32	1024	1024	1024
12	30	31	900	961	930
13	59	59	3481	3481	3481
14	54	55	2961	3025	2970
15	27	25	729	625	675
16	72	72	5184	5184	5184
17	39	40	1521	1600	1560
18	46	46	2116	2116	2116
19	33	32	1089	1024	1056
20	23	24	529	576	552
21	44	44	1936	1936	1936
22	33	33	1089	1089	1089
23	33	34	1089	1156	1122
24	81	81	6561	6561	6561
25	45	43	2025	1849	1935
26	27	27	729	729	729
27	21	21	441	441	441

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจากผู้ตรวจให้ คะแนนคนที่ 2 (Y)	X ²	Y ²	XY
28	20	22	400	484	440
29	38	40	1444	1600	1520
30	47	48	2209	2304	2256
31	53	54	2809	2916	2862
32	31	31	961	961	961
33	29	29	841	841	841
34	30	29	900	841	870
35	27	30	729	900	810
36	31	31	961	961	961
37	20	21	400	441	420
38	61	59	3721	3481	3599
Σ	1,410	1,414	60,014	60,234	60,101

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

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

เมื่อ	r	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X
	ΣY	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y
	ΣX^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣY^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣXY	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y
	N	แทน	จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

แทนค่า $\sum X = 1410$, $\sum Y = 1,414$, $\sum X^2 = 60,014$, $\sum Y^2 = 60,234$
 $\sum XY = 60,101$, $N = 38$

$$r_{XY} = \frac{38(60,101) - (1,410)(1,414)}{\sqrt{[38(60,014) - (1,410)^2][38(60,014) - (1,414)^2]}}$$

$$= 0.997$$

ภาคผนวก ข

1. คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
3. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
4. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลาย ๆ วิธีให้ได้มากที่สุด ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
5. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
6. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
7. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย
8. คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 6 ด้าน เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
9. เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 18 คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จาก
แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตโนมัติ เรื่อง ทักษะ
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คนที่	การเชื่อมโยงความรู้ ต่างๆทาง คณิตศาสตร์ (12 คะแนน)	การเชื่อมโยงวิชา คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น (12 คะแนน)	การเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับโลก จริง (12 คะแนน)	ความสามารถใน การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ (36 คะแนน)
1	7	6	4	17
2	7	4	12	27
3	6	6	12	24
4	6	6	4	16
5	5	8	10	23
6	4	6	12	22
7	6	6	9	21
8	8	8	12	28
9	11	9	12	32
10	7	7	10	24
11	7	6	12	25
12	8	8	11	27
13	9	5	12	26
14	6	8	11	25
15	8	7	11	26
16	7	7	11	25
17	8	6	9	23
18	11	9	12	32
19	7	7	11	25
20	4	6	11	21
21	11	9	11	31
22	7	5	7	17
23	8	6	11	25
24	11	9	12	32
25	10	9	12	31

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	การเชื่อมโยงความรู้ ต่างๆทาง คณิตศาสตร์ (12 คะแนน)	การเชื่อมโยงวิชา คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น (12 คะแนน)	การเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับโลก จริง (12 คะแนน)	ความสามารถใน การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ (36 คะแนน)
26	8	6	9	23
27	9	8	8	25
28	11	9	12	32
29	11	6	12	29
30	7	6	11	24
31	9	6	12	27
32	9	6	11	26
33	11	9	10	30
34	9	6	12	27
35	8	3	11	22
36	8	8	10	26
37	11	5	12	28
38	6	7	10	21
$\sum X$	306	258	401	965
\bar{X}	8.05	6.79	10.55	25.39

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 โดยใช้สูตร t-test for One sample

$$t = \frac{\bar{X} - m_0}{S_{\bar{X}}}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 m_0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์
(ร้อยละ 65 ของคะแนนเต็ม)
 $S_{\bar{X}}$ แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

แทนค่า $\bar{X} = 25.39$, $m_0 = 23.4$, $S_{\bar{x}} = 0.67$

$$t = \frac{25.39 - 23.4}{0.67}$$

$$= 2.977$$

ตาราง 19 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตโนมัติ

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	3	3	0	1	7
2	1	1	0	1	3
3	1	1	0	1	3
4	0	0	0	0	0
5	8	1	0	1	10
6	1	1	0	1	3
7	1	1	4	1	7
8	2	1	0	1	4
9	5	2	0	1	8
10	5	2	0	1	8
11	7	2	0	1	10
12	1	1	0	1	3
13	3	3	4	1	11
14	8	3	0	1	12
15	3	2	0	1	6
16	7	4	4	1	16
17	3	1	0	1	5
18	5	1	0	1	7
19	5	5	0	1	11
20	2	1	0	1	4
21	5	3	0	1	9
22	5	2	0	1	8
23	5	3	0	1	9
24	8	4	4	1	17
25	3	2	0	1	6

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	3	2	0	1	6
27	2	1	0	1	4
28	6	3	4	1	14
29	5	2	0	1	8
30	4	2	0	1	7
31	4	2	0	1	7
32	4	2	0	1	7
33	5	1	0	1	7
34	5	2	0	1	8
35	4	1	0	1	6
36	4	2	0	1	7
37	8	3	0	1	12
38	5	2	0	1	8
$\sum x$					288
\bar{x}					7.58

ตาราง 20 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	4	4	1	1	10
2	0	0	0	0	0
3	6	5	0	1	12
4	4	3	0	1	8
5	6	4	1	1	12
6	5	3	0	1	9
7	5	4	0	1	10
8	4	4	1	1	10
9	5	4	0	1	10
10	3	2	0	1	6
11	5	3	0	1	9
12	3	3	0	1	7
13	5	4	0	1	10
14	3	3	0	1	7
15	5	4	0	1	10
16	7	5	0	1	13
17	5	4	0	1	10
18	5	4	0	1	10
19	3	3	0	1	7
20	3	3	0	1	7
21	5	2	0	1	8
22	6	5	1	1	13
23	5	3	1	1	10
24	5	4	0	1	10
25	5	4	0	1	10

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	3	3	0	1	7
27	3	3	0	1	7
28	4	3	0	1	8
29	5	4	1	1	11
30	6	3	1	1	11
31	5	3	0	1	9
32	5	4	1	1	11
33	1	1	0	1	3
34	4	3	0	1	8
35	3	3	0	1	7
36	3	3	0	1	7
37	6	4	1	1	12
38	5	3	1	1	10
$\sum x$					339
\bar{x}					8.92

ตาราง 21 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายวิธีให้ได้มากที่สุด ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัดนัย

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	2	2	0	1	5
4	2	2	2	1	7
5	1	1	0	1	3
6	3	2	1	1	7
7	2	2	0	1	5
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	2	2	4	1	9
11	1	1	0	1	3
12	2	2	0	1	5
13	4	2	0	1	7
14	4	2	0	1	7
15	1	1	0	1	3
16	4	4	3	1	12
17	4	3	0	1	8
18	2	2	1	1	6
19	2	1	2	1	6
20	3	2	0	1	6
21	2	2	0	1	5
22	2	1	0	1	4
23	5	2	0	1	8
24	2	2	1	1	6
25	6	3	4	1	14

ตาราง 21 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	3	2	0	1	6
27	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
29	4	2	0	1	7
30	4	2	0	1	7
31	2	1	4	1	8
32	1	1	0	1	3
33	3	3	0	1	7
34	3	3	1	1	8
35	4	2	0	1	7
36	0	0	0	0	0
37	5	2	0	1	8
38	5	3	0	1	9
$\sum x$					206
\bar{x}					5.42

ตาราง 22 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตโนมัติ

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	0	0	0	0	0
2	6	4	1	1	12
3	2	2	0	1	5
4	3	2	1	1	7
5	4	3	0	1	8
6	6	3	1	1	11
7	7	3	1	1	12
8	2	1	0	1	4
9	7	2	1	1	11
10	7	4	3	1	15
11	4	2	0	1	7
12	4	3	1	1	9
13	7	4	4	1	16
14	5	5	0	1	11
15	1	1	0	1	3
16	6	6	0	1	13
17	5	3	0	1	9
18	7	4	2	1	14
19	3	2	0	1	6
20	1	1	0	1	3
21	4	4	0	1	9
22	3	1	0	1	5
23	1	1	0	1	3
24	7	4	4	1	16
25	7	3	1	1	12

ตาราง 22 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	2	2	0	1	5
27	3	2	0	1	7
28	7	4	4	1	16
29	7	2	0	1	10
30	5	3	0	1	9
31	2	1	0	1	4
32	3	1	0	1	5
33	3	3	0	1	7
34	1	1	0	1	3
35	2	2	0	1	5
36	1	1	0	1	3
37	7	3	4	1	15
38	1	1	0	1	3
$\sum x$					313
\bar{x}					8.24

ตาราง 23 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตโนมัติ

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	0	0	0	0	0
2	2	1	0	1	4
3	1	1	3	1	6
4	2	1	0	1	4
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	2	1	1	1	5
9	0	0	0	0	0
10	1	1	3	1	6
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	3	3	5	1	12
14	2	2	1	1	6
15	0	0	0	0	0
16	2	2	4	1	9
17	1	1	1	1	4
18	1	1	0	1	3
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	5	2	1	1	9
25	0	0	0	0	0

ตาราง 23 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
29	4	2	1	1	8
30	6	5	1	1	13
31	1	1	0	1	3
32	1	1	0	1	3
33	1	1	0	1	3
34	0	0	0	0	0
35	1	1	0	1	3
36	0	0	0	0	0
37	6	3	1	1	11
38	0	0	0	0	0
$\sum x$					112
\bar{x}					2.95

ตาราง 24 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์
1	1	1	0	1	3
2	0	0	0	0	0
3	2	2	1	1	6
4	4	2	0	1	7
5	1	1	0	1	3
6	1	1	0	1	3
7	2	2	1	1	6
8	1	1	0	1	3
9	1	1	0	1	3
10	2	2	1	1	6
11	1	1	0	1	3
12	2	2	1	1	6
13	1	1	0	1	3
14	2	2	3	1	8
15	1	1	2	1	5
16	3	3	2	1	9
17	1	1	0	1	3
18	1	1	3	1	6
19	1	1	0	1	3
20	1	1	0	1	3
21	4	2	6	1	13
22	1	1	0	1	3
23	1	1	0	1	3
24	5	5	12	1	23
25	1	1	0	1	3

ตาราง 24 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง	ความคิด ยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิด ละเอียดลออ	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
26	1	1	0	1	3
27	1	1	0	1	3
28	0	0	0	0	0
29	1	1	0	1	3
30	3	2	0	1	6
31	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
33	1	1	0	1	3
34	0	0	0	0	0
35	1	1	0	1	3
36	1	1	0	1	3
37	1	1	0	1	3
38	0	0	0	0	0
$\sum x$					161
\bar{X}					4.24

ตาราง 25 คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 6 ด้าน เรื่อง ทักษะ
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คนที่	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	ด้านที่ 4	ด้านที่ 5	ด้านที่ 6	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
1	7	10	0	0	0	3	20
2	3	0	0	12	4	0	19
3	3	12	5	5	6	6	37
4	0	8	7	7	4	7	33
5	10	12	3	8	0	3	36
6	3	9	7	11	0	3	33
7	7	10	5	12	0	6	40
8	4	10	0	4	5	3	26
9	8	10	0	11	0	3	30
10	8	6	9	15	6	6	50
11	10	9	3	7	0	3	32
12	3	7	5	9	0	6	30
13	11	10	7	16	12	3	59
14	12	7	7	11	6	8	54
15	6	10	3	3	0	5	27
16	16	13	12	13	9	9	72
17	5	10	8	9	4	3	39
18	7	10	6	14	3	6	46
19	11	7	6	6	0	3	33
20	4	7	6	3	0	3	23
21	9	8	5	9	0	13	44
22	8	13	4	5	0	3	33
23	9	10	8	3	0	3	33
24	17	10	6	16	9	23	81
25	6	10	14	12	0	3	45
26	6	7	6	5	0	3	27
27	4	7	0	7	0	3	21

ตาราง 25 (ต่อ)

คนที่	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	ด้านที่ 4	ด้านที่ 5	ด้านที่ 6	รวมคะแนน ความคิด สร้างสรรค์
28	14	8	0	16	0	0	20
29	8	11	7	10	8	3	38
30	7	11	7	9	13	6	47
31	7	9	8	4	3	0	53
32	7	11	3	5	3	0	31
33	7	3	7	7	3	3	29
34	8	8	8	3	0	0	30
35	6	7	7	5	3	3	27
36	7	7	0	3	0	3	31
37	12	12	8	15	11	3	20
38	8	10	9	3	0	0	61
\bar{X}	7.58	8.92	5.42	8.24	2.95	4.24	37.10

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีปัญหามีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 โดยใช้สูตร t-test for one sample

$$t = \frac{\bar{X} - m_0}{S_{\bar{X}}}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 m_0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์
 (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 65 ของผู้เข้าสอบทั้งหมด)
 $S_{\bar{X}}$ แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

แทนค่า $\bar{X} = 37.10$, $m_0 = 32.35$, $S_{\bar{X}} = 2.348$

$$t = \frac{37.10 - 32.35}{2.348} = 2.023$$

ตาราง 26 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิด
สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

คนที่	ความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (X)	ความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ (Y)	X ²	Y ²	XY
1	17	20	289	400	340
2	27	19	729	361	513
3	24	37	576	1369	888
4	16	33	256	1089	528
5	23	36	529	1296	828
6	22	33	484	1089	726
7	21	40	441	1600	840
8	28	26	784	676	728
9	32	30	1024	900	960
10	24	50	576	2500	1200
11	25	32	625	1024	800
12	27	30	729	900	810
13	26	59	676	3481	1534
14	25	54	625	2961	1350
15	26	27	676	729	702
16	25	72	625	5184	1800
17	23	39	529	1521	897
18	32	46	1024	2116	1472
19	25	33	625	1089	825
20	21	23	441	529	483
21	31	44	961	1936	1364
22	17	33	289	1089	561
23	25	33	625	1089	825
24	32	81	1024	6561	2592
25	31	45	961	2025	1395
26	23	27	529	729	621
27	25	21	625	441	525

ตาราง 26 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (X)	ความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ (Y)	X ²	Y ²	XY
28	32	20	1024	400	640
29	29	38	841	1444	1102
30	24	47	576	2209	1128
31	27	53	729	2809	1431
32	26	31	676	961	806
33	30	29	900	841	870
34	27	30	729	900	810
35	22	27	484	729	594
36	26	31	676	961	806
37	28	20	784	400	560
38	21	61	441	3721	1281
Σ	965	1,410	25,137	60,014	36,135

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

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

เมื่อ	r	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X
	ΣY	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y
	ΣX^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣY^2	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
	ΣXY	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y
	N	แทน	จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

แทนค่า $\sum X = 965$, $\sum Y = 1,410$, $\sum X^2 = 25,137$, $\sum Y^2 = 60,059$
 $\sum XY = 36,135$, $N = 38$

$$r_{XY} = \frac{38(25,137) - (965)(1,410)}{\sqrt{[38(25,137) - (965)^2][38(60,059) - (1,410)^2]}}$$

$$= 0.149$$

ทดสอบนัยสำคัญของค่า r

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t = \frac{0.149\sqrt{38-2}}{\sqrt{1-0.149^2}}$$

$$= 0.938$$

ภาคผนวก ค

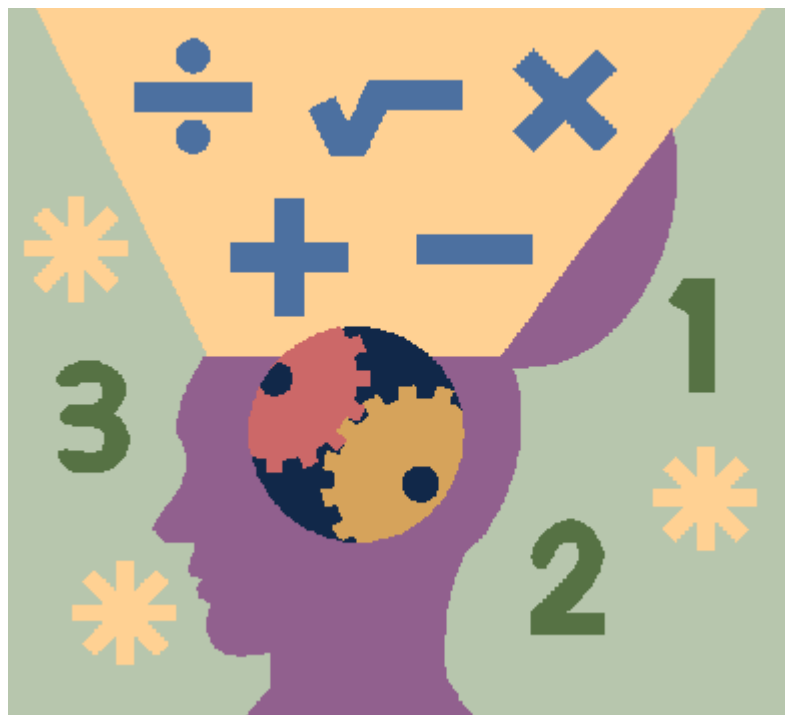
1. ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์



นางจรรุวรรณ หรัยเจริญ

โครงการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

รายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน

ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2551

เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

จำนวน 16 คาบ

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา สื่อสาร ให้เหตุผล เชื่อมโยง และคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

กิจกรรมที่ 1 ประวัติห้กคณิตศาสตร์

1. บอกประวัติของนักคณิตศาสตร์ได้

กิจกรรมที่ 2 การวัด : ดวงจันทร์นำรู้

1. เปลี่ยนหน่วยการวัดได้
2. คาดคะเนเกี่ยวกับการวัดในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม
3. แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

กิจกรรมที่ 3 อัตราส่วน : คณิตศาสตร์กับดนตรี

1. ค้นหาความถี่ของโน้ตเพลง C major ได้
2. หาอัตราส่วนระหว่างความถี่ของแต่ละโน้ตเพลงได้
3. แก้ปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนได้

กิจกรรมที่ 4 เรขาคณิต : ลายผ้ารักโลก

1. นำรูปทรงทางเรขาคณิตมาใช้ในการออกแบบลวดลายได้อย่างสร้างสรรค์และสวยงาม

กิจกรรมที่ 5 ตรีโกณมิติ : อยากรู้จัง เธอสูงเท่าไร?

1. หาความยาวด้านที่เหลือของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากแต่ละรูปที่กำหนดให้ได้
2. ใช้อัตราส่วนตรีโกณมิติในการแก้ปัญหาได้

กิจกรรมที่ 6 การเก็บรวบรวมข้อมูล : ตกตึก

1. หาค่ารากที่สองและประมาณค่าคำตอบได้
2. แทนค่าตัวแปรได้
3. เปลี่ยนหน่วยได้

กิจกรรมที่ 7 การเก็บรวบรวมข้อมูล : รองเท้ากับความสูง

1. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้
2. นำเสนอข้อมูลโดยใช้ตารางและกราฟเส้นบนระนาบพิกัดได้

3. หาความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปอัตราส่วนได้

กิจกรรมที่ 8 Tessellations

1. ใช้ความรู้เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตในการสร้างสรรค์ผลงานทางศิลปะที่สวยงามได้

กิจกรรมที่ 9 ปริมาตร : กระทบสินค้า

1. ใช้ความรู้เรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติได้

2. นำความรู้เรื่องปริมาตรและพื้นที่ผิวมาใช้แก้ปัญหาได้

กิจกรรมที่ 10 จำนวนและการดำเนินการ : แผลดสี

1. นำเลขโดดสี่ตัวสร้างจำนวนโดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร ยกกำลัง เศษส่วน ทศนิยม ราก และแฟคทอเรียล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนดให้ได้

กิจกรรมที่ 11 แฟรคทัล : ศิลปะคณิตศาสตร์

1. ใช้ความรู้เรื่องกระบวนการทำซ้ำๆกันทางเรขาคณิต สร้างรูปแฟรคทัลได้

กิจกรรมที่ 12 นิทานและเพลง

1. เขียนนิทานหรือแต่งเพลงจากความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้

เนื้อหา

1. ประวัตินักคณิตศาสตร์	1 คาบ
2. การวัด : ดวงจันทร์น่ารู้	1 คาบ
3. อัตราส่วน : คณิตศาสตร์กับดนตรี	1 คาบ
4. เรขาคณิต : ลายผ้ารักโลก	1 คาบ
5. ตรีโกณมิติ : อยากรู้จัง เธอสูงเท่าไร?	3 คาบ
6. การแก้ปัญหา : ตกตึก	2 คาบ
7. การเก็บรวบรวมข้อมูล : รองเท้ากับความสูง	1 คาบ
8. Tessellations	1 คาบ
9. ปริมาตร : กระทบสินค้า	1 คาบ
10. จำนวนและการดำเนินการ : แผลดสี	1 คาบ
11. แฟรคทัล : ศิลปะคณิตศาสตร์	1 คาบ
12. นิทานและเพลง	2 คาบ
รวม	16 คาบ

โครงการสอนรายคาบตามทฤษฎีพหุปัญญา
เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

คาบ ที่	หัวข้อเรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	ความสามารถที่ใช้								
			ด้านภาษา	ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์	ด้านมิติสัมพันธ์	ด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว	ด้านดนตรี/จังหวะ	ด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น	ด้านการรู้จักตนเอง	ด้านธรรมชาติ	
1	ประวัตินักคณิตศาสตร์	- ศึกษาประวัตินักคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้และนำเสนอได้	✓	✓					✓	✓	
2	การวัด	- หน่วยการวัดในมาตราต่างๆ - การเปลี่ยนหน่วย - การหาอัตราเร็ว	✓	✓						✓	✓
3	อัตราส่วน	- อัตราส่วน - ความถี่ของโน้ตดนตรี		✓		✓	✓			✓	
4	เรขาคณิต	- รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ - การนำรูปเรขาคณิตมาใช้ในงานศิลปะ			✓					✓	✓
5	ตรีโกณมิติ	- การหาความยาวของด้านที่เหลือของสามเหลี่ยมมุมฉาก		✓	✓					✓	
6	ตรีโกณมิติ	- ตารางค่าไซน์ โคไซน์ แทนเจนต์ในการหาค่ามุม - การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาความยาวของด้านและขนาดของมุมของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยใช้อัตราส่วนตรีโกณมิติ	✓	✓						✓	

คาบ ที่	หัวเรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	ความสามารถที่ใช้								
			ด้านภาษา	ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์	ด้านมิติสัมพันธ์	ด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว	ด้านดนตรี/จังหวะ	ด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น	ด้านการรู้จักตนเอง	ด้านธรรมชาติ	
7	ตรีโกณมิติ	- การนำอัตราส่วน ตรีโกณมิติมาใช้ในการหา ความสูงของสิ่งต่างๆจริง		✓	✓	✓			✓	✓	
8	การเก็บ รวบรวม ข้อมูล	- การหาค่ารากที่สองโดยไม่ ใช้เครื่องคำนวณ	✓	✓		✓				✓	
9	การเก็บ รวบรวม ข้อมูล	- การเปลี่ยนหน่วย - อัตราเร็ว - การแทนค่าตัวแปรในสูตร - ค่าเฉลี่ย		✓	✓	✓			✓		✓
10	การเก็บ รวบรวม ข้อมูล	- การนำเสนอข้อมูลในรูป ตารางและกราฟเส้น	✓	✓	✓				✓	✓	
11	Tessallations	- การเลื่อนขนาน - การสะท้อน - การหมุน	✓	✓	✓	✓				✓	
12	ปริมาตร	- ปริมาตรทรงกระบอก - รูปเรขาคณิตสองมิติและ สามมิติ	✓	✓	✓				✓	✓	
13	จำนวนและ การ ดำเนินการ	- ให้นักเรียนใช้การ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ กับเลข 4 ตัวเพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ตามที่กำหนดให้		✓					✓	✓	

คาบ ที่	หัวข้อเรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	ความสามารถที่ใช้								
			ด้านภาษา	ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์	ด้านมิติสัมพันธ์	ด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว	ด้านดนตรี/จังหวะ	ด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น	ด้านการรู้จักตนเอง	ด้านธรรมชาติ	
14	แฟรคทัล	- ลวดลายจากส่วนของเส้นตรง - กระบวนการทำซ้ำๆกันทางเรขาคณิต - ความสวยงามของอัตราส่วนทางเรขาคณิต	✓	✓	✓				✓	✓	✓
15	นิทานและเพลงคณิตศาสตร์	- ยกตัวอย่างเพลงและนิทานคณิตศาสตร์ - ให้นักเรียนแต่งเพลงหรือนิทานคณิตศาสตร์ตามถนัด - นักเรียนเป็นผู้เลือกเนื้อหาเอง	✓	✓	✓					✓	
16	นิทานและเพลงคณิตศาสตร์	- เป็นการนำเสนอผลงานการแต่งเพลงหรือนิทานคณิตศาสตร์	✓	✓	✓					✓	
รวม			10	15	8	5	3	7	15	4	

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน

รหัส ค 33102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : คณิตศาสตร์กับดนตรี จำนวน 1 คาบ

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1.1.1 ค้นหาความถี่ของโน้ตเพลง C major ได้ (K_1)

1.1.2 หาอัตราส่วนระหว่างความถี่ของแต่ละโน้ตเพลงได้ (K_2)

1.1.3 แก้ปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนได้ (K_3)

1.2 ด้านทักษะ / กระบวนการ : ให้นักเรียนสามารถ

1.2.1 แก้ปัญหาได้ (P_1)

1.2.2 สื่อสารได้ (P_2)

1.2.3 เชื่อมโยงได้ (P_3)

1.3 ด้านคุณลักษณะ : ปลูกฝังให้นักเรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1.3.1 มีความรู้อันเป็นสากล (A_1)

1.3.2 มีกระตือรือร้นในการเรียน (A_2)

1.3.3 มีความกล้าแสดงออก (A_3)

2. สาระการเรียนรู้

อัตราส่วน (Ratio) คือ การเปรียบเทียบของสิ่งหนึ่งต่อสิ่งของอีกสิ่งหนึ่งที่มีหน่วยอย่างเดียวกัน เช่น $a : b$ อ่านว่า a ต่อ b หรือ $\frac{a}{b}$

โน้ตเพลงเดียวกันถ้ามีค่าระหว่างโน้ตตัวแรกกับตัวที่แปดในโน้ตคู่แปด (Octave) แตกต่างกันหนึ่งค่าแล้วจะทำให้ระดับความถี่ของโน้ตต่างกันสองเท่า

C Major คือ โน้ตดนตรีเสียงกลาง ที่ไม่มี เสียง b และ # (กุญแจเสียงรวม)

A Minor เป็น Relative of C Major คือ ไม่มีเสียง b และ #

b เสียง flat คือ เครื่องหมายที่ใช้แปลงเสียงให้ต่ำลงกว่าเสียงปกติครึ่งเสียง ตัวอย่าง เช่น ในบทเพลงหนึ่งเราต้องการให้ “ มี ” ระดับเสียงต่ำลงมาครึ่งเสียง เราก็ต้องกำกับด้วยเครื่องหมายแฟลตหน้าตัว มี แล้วอ่านว่า มีแฟลต (E Flat) รูปดังนี้

เสียง sharp คือ เครื่องหมายที่ใช้แปลงเสียงให้สูงขึ้นกว่าเดิมครึ่งเสียง ตัวอย่างเช่น ในบทเพลงหนึ่งเราต้องการให้ซอลมีระดับเสียงเพิ่มขึ้นครึ่งเสียง เราก็ต้องกำกับด้วยเครื่องหมายชาร์ปหน้าตัวซอล แล้วอ่านว่า ซอลชาร์ป (G Sharp)

ตารางแสดงอัตราส่วนของความถี่ของโน้ตเพลง

ระดับเสียงโน้ตดนตรี	C	D	E	F	G	A	B	C
ความถี่ (จำนวนความถี่/วินาที)	264	297	330	352	396	440	495	528
อัตราส่วนของความถี่		1.125	1.111	1.067	1.125	1.111	1.125	1.067

ความยาวของท่อนี่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโน้ตดนตรีดังนี้

โน้ต	หารด้วย	ความยาวของท่อนี่ใช้ (ท่อกลมที่มีขนาดใกล้เคียง $\frac{1}{8}$)
C	-	8"
D	1.12	$7\frac{1}{8}$ "
E	1.12	$6\frac{3}{8}$ "
F	1.06	6"
G	1.12	$5\frac{3}{8}$ "
A	1.12	$4\frac{3}{4}$ "
B	1.12	$4\frac{1}{2}$ "
C	1.06	4"

3. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่าง ๆ

นักเรียนฟังเพลงที่เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่

เพลงสูตรการหาพื้นที่ (ทำนองคุณลำไย) คำร้อง รัชนี้ โสพันธ์

จะจำไม่เคยลืมเลือน จะเตือนตัวเองเอาไว้

พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าใด จะจำเอาไว้ว่า กว้าง คูณ ยาว

พื้นที่จัตุรัสทำไง เอ้อฟังนี่ก็ได้ว่า ด้าน คูณ ด้าน

ความยาวของฐานและก็คูณสูงเข้าไป

อันนี้ไม่ใช่ของใครสี่เหลี่ยมด้านขนานไหน หุ้มนี่หรือยัง

พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู คุณน้องหนู ๆ จงฟังดังนี้

เศษ 1 ส่วน 2 คูณซีกก็คูณผลบวกของด้านคู่ขนาน

อีกอย่างอย่าลืมอันนี้ คุณสูงด้วยซี จะโชคดี โชคดี
และเพลง รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ (ทำนองเพลงคู่กัด) คำร้อง เสรี มีนสุวรรณ
รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มันจะเท่ากัน

ทุกประการหนู ๆ จะดูสูตรไหน

ด้าน มุม ด้าน

มุม ด้าน มุม

ด้าน ด้าน ด้านใจ

จำขึ้นใจสูตรง่าย ๆ สามสูตรนี้

นักเรียนร้องตาม จากนั้นนักเรียนร่วมกันสนทนาถึงเพลงคณิตศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาในวิชา
คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับดนตรีไม่เพียงแต่มีเพลงคณิตศาสตร์ ยังมีการเกี่ยวข้องกับโน้ตดนตรีใน
การคำนวณอัตราส่วนระหว่างโน้ตดนตรีแต่ละตัวด้วย (K_1) (ความสามารถด้านดนตรี และด้าน
ตรรกะ/คณิตศาสตร์)

ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ

1. นักเรียนแต่ละคนรับใบกิจกรรมที่ 1 และสนทนากับครูถึงเรื่องของอัตราส่วนของโน้ต
ดนตรี โดยนักเรียนวิเคราะห์คำถามและเติมคำตอบอัตราส่วนในช่องว่างให้ครบทุกช่อง (K_2 , P_1)
(ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง)

2. นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 2 และนักเรียนสนทนากันว่าใครเคยเห็นเครื่องดนตรีใน
ลักษณะดังในรูปหรือไม่ เรียกว่าอย่างไรและพบเห็นจากที่ไหน และพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง
ความยาวของท่อกับอัตราส่วนของความถี่ของโน้ตดนตรีที่นักเรียนได้คำนวณในข้อที่ 1 (K_3)
(ความสามารถด้านการรู้จักตนเองและความสามารถทางด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์)

ขั้นการถ่ายโอนความรู้

นักเรียนดูตัวอย่างเครื่องดนตรีอีสานชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “โหวด” หรือ panpipe (A_1) และ
นักเรียนผลัดกันพิจารณาว่าตรงส่วนไหนควรเป็นโน้ตใด (A_2) โดยที่นักเรียนลองวัดความยาวของ
ท่อเพื่อเทียบกับโน้ตที่นักเรียนได้คำนวณไว้แล้ว (P_3) นักเรียนที่มีความสามารถทางดนตรีลองเป่า
เพื่อเทียบตัวโน้ตที่ได้ยินว่าตรงกับที่คำนวณหรือไม่ (A_3) (ความสามารถด้านการรู้จักตนเอง ด้าน
ดนตรี ด้านร่างกาย/การเคลื่อนไหว และด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์)

ขั้นการนำเสนอผลงาน

นักเรียนนำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ และผลการเทียบเสียงดนตรีให้ครูและเพื่อนร่วมชั้น
ทราบ (P_2)

ขั้นการวัดประเมินผล

นักเรียนและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันอภิปรายถึงผลงานและการปฏิบัติกิจกรรม และให้
นักเรียนตรวจสอบวิธีการคิดที่ได้ทำมาด้วยตนเอง

4. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 4.1 ใบกิจกรรมที่ 3 และ 4
- 4.2 เครื่องเสียง, เทปหรือซีดีเพลงคณิตศาสตร์
- 4.3 เครื่องดนตรีที่มีลักษณะเป็นท่อเล็กๆ เช่น โหวด
- 4.4 แบบประเมินใบกิจกรรม
- 4.5 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรม/พฤติกรรม/ ผลงาน	การวัดผล	การประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้
ด้านความรู้	ตรวจจากการทำใบ กิจกรรม	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	ใบกิจกรรม
ด้านทักษะกระบวนการ	ตรวจจากการทำใบ กิจกรรมและการ สังเกต	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	แบบประเมินใบ กิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์	สังเกตจากการร่วม กิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนรวมอยู่ใน เกณฑ์ดี	แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์

6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการสอน

นักเรียนตื่นเต้นเป็นอย่างมากในการนำเครื่องดนตรีมาเป็นสื่อในการสอน ผลัดกันทดลองเป่าโหวดอย่างสนุกสนาน

ปัญหาอุปสรรค

ผู้วิจัยไม่ได้มีความชำนาญในเรื่องเครื่องดนตรีหรือโน้ตดนตรีมากนัก เมื่อนักเรียนซักถามในเชิงลึกมากก็ตอบไม่ค่อยได้

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

ควรมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดนตรีเข้ามาร่วมสอนด้วย หรืออาจจะบูรณาการเข้ากับวิชาดนตรีก็ได้ การเรียนการสอนจะราบรื่นและน่าสนใจมากขึ้น

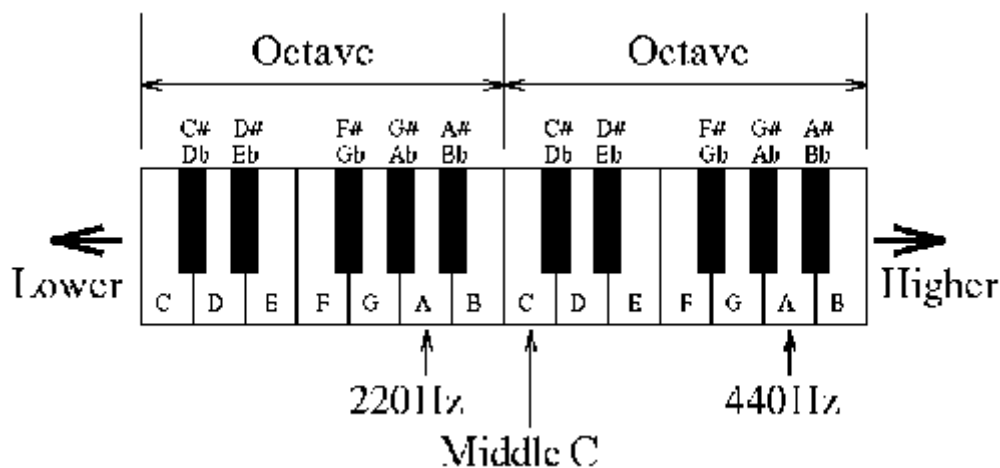
.....ผู้สอน
(นางจรรุวรรณ หรั่งเจริญ)



ใบกิจกรรมที่ 3

คณิตศาสตร์กับดนตรี : ความถี่

เสียงดนตรีที่เราได้ยินนั้นต่างก็มาจากการสั่นสะเทือนหรือการเขย่าเครื่องดนตรีทั้งหลาย การเคลื่อนไหวของสาย(กีตาร์หรือเปียโน) หรือการเคลื่อนที่ของอากาศ(ฟลูตหรือขลุ่ย) ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ความถี่หรือจำนวนครั้งของการสั่นสะเทือนต่อวินาทีเป็นการกำหนดระดับเสียงของโน้ตดนตรี ถ้าโน้ตดนตรีมีการสั่นสะเทือน 440 ครั้งต่อวินาที (vib/sec) โน้ตที่ได้ยินนี้จะเป็นโน้ต A เสียงกลาง และถ้าโน้ตที่เสียงต่ำกว่าโน้ต A เสียงกลาง หนึ่งคู่แปด (1 Octave) จะมีความถี่ 220 vib/sec และเสียงที่อยู่เหนือโน้ต A เสียงกลางหนึ่งคู่แปดจะมีความถี่ 880 vib/sec จากรูปคีย์บอร์ดข้างล่างนี้แสดงเสียงคู่แปด (octave) จากโน้ต C เสียงกลาง ไปยังโน้ต C ถัดไปในเสียงที่สูงขึ้น และตารางข้างล่างแสดงให้เห็นถึงความถี่ของแต่ละโน้ตดนตรี



โน้ตดนตรี	C	D	E	F	G	A	B	C
	(โด)	(เร)	(มี)	(ฟา)	(ซอล)	(ลา)	(ซี)	(โด)
ความถี่ (vib/sec)	264	297	330	352	396	440	495	528
อัตราส่วนของความถี่		1.125						

หาอัตราส่วนระหว่างแต่ละความถี่ ตัวอย่างเช่น

$$\frac{D}{C} = \frac{297}{264} = 1.125 \text{ pv}$$

หาอัตราส่วนอื่นและเขียนลงในตาราง แล้วให้พิจารณาหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนนั้น

ใบกิจกรรมที่ 3

คณิตศาสตร์และดนตรี : ความถี่

เราสามารถให้ความเข้าใจเกี่ยวกับความถี่เรื่องใหม่ี่มาใช้สร้างเครื่องดนตรีจริงๆได้ ที่เรียกว่า panpipe หรือ ที่เราเคยเห็นคล้ายๆกันที่ทางภาคอีสาน ที่เราเรียกว่า “โหวด” โดยความยาวของท่อแต่ละท่อจะเป็นตัวกำหนดความถี่ของแต่ละโน้ตดนตรี ซึ่งมีลักษณะดังนี้



ท่อที่มีความยาวมากกว่าจะให้เสียงที่มีโทนทุ้มกว่า โน้ต C เสียงกลางจะมีความถี่ 264 vib/sec

ความยาวของแต่ละท่อแสดงไว้ในตารางข้างล่าง เราจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อกับอัตราส่วนความถี่ที่เราคำนวณไว้ในใบกิจกรรมที่ 1 และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

โน้ต	หารด้วย	ความยาวของท่อ (ขนาดกลมที่มีขนาดใกล้เคียง $\frac{1^{\text{th}}}{8}$)
C	-	8"
D	1.12	$7\frac{1}{8}$ "
E	1.12	$6\frac{3}{8}$ "
F	1.06	6"
G	1.12	$5\frac{3}{8}$ "
A	1.12	$4\frac{3}{4}$ "
B	1.12	$4\frac{1}{2}$ "
C	1.06	4"

แบบประเมินใบกิจกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 33102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 ชื่อหน่วย.....เรื่อง.....ห้องเรียน.....
 ผู้ประเมิน.....วันที่.....

เลขที่	ชื่อ - สกุล	การประเมินผล								
		ทักษะการแก้ปัญหา			ทักษะการเชื่อมโยง			ความคิดสร้างสรรค์		
		2	1	0	2	1	0	2	1	0
1										
2										
3										
4										

เกณฑ์การให้คะแนน

ด้านการแก้ปัญหา

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
1	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
0	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้น หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

ด้านการเชื่อมโยง

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น / ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยแก้ปัญหาได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
1	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น / ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยแก้ปัญหาได้บางส่วน
0	ไม่มีการเชื่อมโยงใดๆ

ด้านการสื่อสาร

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	เลือกรูปแบบของการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม และบันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
1	เลือกรูปแบบของการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสมได้บางส่วน และบันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
0	ไม่นำเสนอ และไม่บันทึกผลงานเลย

ระดับคะแนน

คะแนน	8 – 10	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6

วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน

รหัส ค 33102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : ตกตึก

จำนวน 2 คาบ

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1.1.1 หาค่ารากที่สองและประมาณค่าคำตอบได้ (K1)

1.1.2 แทนค่าตัวแปรได้ (K2)

1.1.3 เปลี่ยนหน่วยได้ (K3)

1.2 ด้านทักษะ / กระบวนการ : ให้นักเรียนสามารถ

1.2.1 แก้ปัญหาได้ (P1)

1.2.2 เชื่อมโยงได้ (P2)

1.3 ด้านคุณลักษณะ : ปลูกฝังให้นักเรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1.3.1 ทำงานอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน (A1)

1.3.2 มีทักษะในการทำงานกับผู้อื่น (A2)

1.3.3 มีความรู้อันเป็นสากล (A3)

2. สารการเรียนรู้

การหาค่ารากที่สองของ a ซึ่งเป็นจำนวนอตรรกยะ ใช้วิธีการหาจำนวนสองจำนวนที่คูณกันแล้วได้ a หรือใกล้เคียง a มากที่สุด โดยพยายามทำให้สองจำนวนที่คูณกันนั้นให้ต่างกันน้อยที่สุด

ตัวอย่างเช่น หาค่าประมาณของ $\sqrt{12}$ ทำได้ดังนี้

$$\text{จาก } 12 = 3 \times 4$$

$$\text{หาค่าเฉลี่ย } \frac{3+4}{2} = 3.5$$

$$\text{เนื่องจาก } \frac{12}{3.5} \approx 3.428$$

$$\text{ดังนั้น } 12 \approx 3.5 \times 3.428$$

$$\text{หาค่าเฉลี่ย } \frac{3.5+3.428}{2} = 3.464$$

$$\text{เนื่องจาก } \frac{12}{3.464} \approx 3.4642$$

$$\text{ดังนั้น } 12 \approx 3.464 \times 3.4642$$

ถ้าหาค่าประมาณของ $\sqrt{12}$ เป็นทศนิยมสามตำแหน่งก็จะได้ $\sqrt{12} \approx 3.464$

จากความรู้เรื่องการหาค่ารากที่สอง จะนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องการหาเวลาที่ของตกลงในแนวตั้งที่สมมติว่าไม่มีแรงต้านและแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าคงที่ ไม่ว่าจะเป็วัตถุชนิดใด(ไม่คำนึงถึงน้ำหนักของวัตถุ) ซึ่งบนพื้นโลกนี้จะมีค่าแรงอยู่ที่ 32 ฟุตต่อวินาที² ที่ของจะตกลงสู่พื้น ความเร่งนี้เป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ตั้งให้วัตถุตกลงไปใจกลางโลก

การหาเวลาที่วัตถุตกลงถึงพื้นโลก ใช้สูตรดังนี้

$$t = \sqrt{\frac{2d_v}{g}} = \sqrt{\frac{2d_v}{32}} = \sqrt{\frac{d_v}{16}}$$

เมื่อ d_v แทน ระยะทางในแนวตั้ง

g แทน แรงโน้มถ่วงของโลก

10 อันดับตึกที่สูงที่สุดในโลก					
อันดับ	ชื่อตึก	จำนวนชั้น	ความสูง (ฟุต)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	อัตราความเร็ว (km/hr)
1	ไทเป 101(Taipei 101) กรุงไทเป ประเทศไต้หวัน ปี 2004	101	1,667		
2	เซี่ยงไฮ้เวิร์ลไฟแนนเชียลเซ็นเตอร์ (Shanghai World Financial Centre) เซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน ปี 2008	101	1,614		
3	ปิโตรนาสทาวเวอร์ (Petronas Tower) กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย ปี 1998	88	1,483		
4	ซีียร์ทาวเวอร์ (Sears Tower) เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1974	101	1,451		
5	ตึกจินเหมมา (Jin Mao Building) กรุงเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน ปี 1999	88	1,381		
6	Two International Finance Centre, ประเทศฮ่องกง ปี 2003	88	1,362		
7	CITIC Plaza กวางเจา ประเทศจีน ปี1996	80	1,283		
8	ชุนฮิงสแควร์ (Shun Hing Square) เซินเจิ้น ประเทศจีน ปี 1996	69	1,260		
9	ตึกเอ็มไพร์สเตท (Empire State Building) นิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา ปี 1931	102	1,250		

10	เซ็นทรัลพลาซ่า (Central Plaza) ประเทศฮ่องกง ปี 1992	78	1,227		
----	--	----	-------	--	--

ที่มา : <http://www.dirjournal.com/info/ten-tallest-buildings-in-the-world/> , 1 December, 2008.

3. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1

ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่าง ๆ

ครูสนทนากับนักเรียนถึงเรื่องการหาค่า \sqrt{a} โดยให้นักเรียนเสนอวิธีในการหาค่าแบบต่างๆ (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ และการรู้จักตนเอง)

ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ

1. ครูอธิบายการหาค่า \sqrt{a} ว่ามีได้หลายวิธีที่นอกเหนือจากการใช้เครื่องคิดเลขวิธีหนึ่งที่กระชับและเป็นการลัดขั้นตอน (K1) โดยครูยกตัวอย่างเพื่อแสดงวิธีทำและให้นักเรียนซักถาม (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์)

2. ครูยกตัวอย่างและให้นักเรียนได้ออกมาแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียน (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ ด้านภาษา และด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว)

ขั้นการถ่ายโอนความรู้

นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมการหาค่า \sqrt{a} ที่มีค่าต่างๆ เช่น $\sqrt{3}$, $\sqrt{20}$, $\sqrt{115}$ โดยไม่ใช้เครื่องคิดเลข (A1) (ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ และด้านการรู้จักตนเอง)

ขั้นการนำเสนอผลงาน

นักเรียนเสนอผลงานของตน โดยครูคอยให้คำแนะนำ

ขั้นการวัดประเมินผล

ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผล

คาบที่ 2

ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่าง ๆ

นักเรียนสนทนาถึงเรื่องความสูงของตึกในประเทศไทยว่าตึกใดสูงที่สุดในประเทศไทย โดยนักเรียนร่วมกันคิดและเสนอความคิด (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และด้านธรรมชาติ)

ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 4 คน (A2) และแจกใบกิจกรรมที่ 1 ซึ่งแสดงรายชื่อตึกที่สูงที่สุดในโลก 10 อันดับ (A3) และสูตรในการหาความเร็วของวัตถุที่ตกจากตึก(K2) โดยนักเรียนช่วยกันหาเวลาที่วัตถุจะใช้ในการตกจากตึกเหล่านั้น โดยใช้ความรู้เรื่องการถ่วงดุลที่สอนโดยไม่ได้

เครื่องคิดเลข (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ ด้านธรรมชาติ และด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น)

2. นักเรียนฝึกการเปลี่ยนหน่วยการวัดจาก ft/sec เป็น km/hr (K3) (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์)

ขั้นการถ่ายโอนความรู้

นักเรียนหาความสูงของตึกโดยประมาณ (P1) จากการปล่อย marshmallow จากตึกลงสู่พื้น โดยหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ marshmallow ตกลงสู่พื้น แล้วนำมาใช้หาความสูงของตึกจากสูตรได้ (P2) (ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ และด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น)

ขั้นการนำเสนอผลงาน

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเอง

ขั้นการวัดประเมินผล

ครูและเพื่อนแต่ละกลุ่มช่วยกันพิจารณาจากคำตอบที่แต่ละกลุ่มได้นำมาเปรียบเทียบกัน

4. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 4.1 ใบกิจกรรมที่ 9 และ 10
- 4.2 marshmallows หรือ ลูกอมต่างๆ
- 4.3 เครื่องคิดเลข
- 4.4 นาฬิกาจับเวลา
- 4.5 แบบประเมินใบกิจกรรม
- 4.6 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรม/พฤติกรรม/ผลงาน	การวัดผล	การประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้
ด้านความรู้	ตรวจจากการทำใบกิจกรรม	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	ใบกิจกรรม
ด้านทักษะกระบวนการ	ตรวจจากการทำใบกิจกรรมและการสังเกต	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	แบบประเมินใบกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	สังเกตจากการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนรวมอยู่ในเกณฑ์ดี	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

6. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

นักเรียนสนใจความสูงของตึกต่างๆ โดยซักถามถึงตึกที่สูงที่สุดในประเทศไทยด้วย ซึ่งเป็นตึกใบหยก 2 นักเรียนบางคนก็เคยเห็นบางคนก็ไม่เคยเห็น

ปัญหาอุปสรรค

ในการทำใบกิจกรรมที่ 9 นักเรียนบางคนยังสับสนระหว่างอัตราเร็วกับเวลาที่ใช้ ในการปล่อย marshmallows บางกลุ่มก็ใช้การโยนลงมาทำให้เวลาในการปล่อยไม่สัมพันธ์กัน

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

ควรทบทวนเรื่องหน่วยความเร็วต่างๆ การเปลี่ยนหน่วยต่างๆ และทำความเข้าใจกับนักเรียนถึงการปล่อยของลงจากตึกแบบนี้ เพราะเราต้องการนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

.....ผู้สอน
(นางจรรุวรรณ หรัยเจริญ)



ใบกิจกรรมที่ 9

ตกตึก

เมื่อมีบางสิ่งบางอย่างตกลงมาจากตึก เราจะเรียกการตกของวัตถุนั้นว่า “การตกอย่างอิสระ” ถ้าจะคำนวณให้รู้ว่าวัตถุตกลงถึงพื้นใช้เวลาเท่าไร จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องรู้ระยะทางที่วัตถุจะตกลงมา บนโลกใบนี้ความเร่งหรือแรงโน้มถ่วงของวัตถุที่ตกลงมาจะอยู่ที่ 32 ฟุตต่อวินาที² สูตรที่ใช้ในการคำนวณเวลาที่วัตถุจะตกลงมา คือ

$$t = \sqrt{\frac{2d_v}{g}} \quad \text{หรือ} \quad t = \sqrt{\frac{2d_v}{32}} \quad \text{หรือ} \quad t = \sqrt{\frac{d_v}{16}}$$

ในสูตรนี้ t คือ เวลาที่วัตถุจะตกลงมา, d_v คือ ระยะทางในแนวดิ่ง และ g คือ ความเร่งหรือแรงโน้มถ่วงของโลก

คำชี้แจง

ถ้านักเรียนขึ้นไปอยู่บนยอดตึกที่สูงที่สุดในโลก 10 แห่ง และปล่อยวัตถุลงมา นักเรียนคิดว่าจะใช้เวลาเท่าไรในการตกลงถึงพื้น

10 อันดับตึกที่สูงที่สุดในโลก					
อันดับ	ชื่อตึก	จำนวนชั้น	ความสูง (ฟุต)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	อัตราความเร็ว (km/hr)
1	ไทเป 101 (Taipei 101) กรุงไทเป ประเทศไต้หวัน ปี 2004	101	1,667		
2	เซี่ยงไฮ้เวิร์ลไฟแนนเชียลเซ็นเตอร์ (Shanghai World Financial Centre) เซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน ปี 2008	101	1,614		
3	ปิโตรนาสทาวเวอร์ (Petronas Tower) กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย ปี 1998	88	1,483		
4	เซียร์ทาวเวอร์ (Sears Tower) เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1974	101	1,451		
5	ตึกจินเหม่า (Jin Mao Building) กรุงเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน ปี 1999	88	1,381		

6	Two International Finance Centre, ประเทศฮ่องกง ปี 2003	88	1,362		
7	CITIC Plaza กวางเจา ประเทศจีน ปี1996	80	1,283		
8	ซุนฮิงสแควร์ (Shun Hing Square) เซินเจิ้น ประเทศจีน ปี 1996	69	1,260		
9	ตึกเอ็มไพร์สเตท (Empire State Building) นิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา ปี 1931	102	1,250		
10	เซ็นทรัลพลาซ่า (Central Plaza) ประเทศฮ่องกง ปี 1992	78	1227		

ที่มา : <http://www.dirjournal.com/info/ten-tallest-buildings-in-the-world/> , 1 December, 2008.



ใบกิจกรรมที่ 10 :

ตกตึก

ให้นักเรียนช่วยกันหว่า...ตึกเรียนเรามีความสูงเท่าไร? สนทนากับเพื่อนในกลุ่มของตนและเขียนค่าประมาณที่ได้ :

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนปล่อย marshmallow 5 อัน ลงจากตึก แล้วจับเวลาในการตก โดยที่นักเรียนสามารถใช้เวลาในหน่วย 1/10 วินาทีได้
2. จดบันทึกเวลาทั้ง 5 ครั้งลงในใบกิจกรรม
3. หาค่าเฉลี่ย
4. หาระยะทางในแนวดิ่งจากสูตร $t = \sqrt{\frac{d_v}{16}}$

ครั้งที่	เวลาที่ใกล้เคียง 1/10 วินาที
1	
2	
3	
4	
5	
ค่าเฉลี่ย	

จากข้อมูลข้างต้น แสดงการคำนวณหาความสูงของตึกเรียนได้เป็น.....

 และคำตอบที่ได้คือ.....

แบบประเมินใบกิจกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 33102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 ชื่อหน่วย.....เรื่อง.....ห้องเรียน.....
 ผู้ประเมิน.....วันที่.....

เลขที่	ชื่อ - สกุล	การประเมินผล					
		ความคิดสร้างสรรค์			ทักษะการแก้ปัญหา		
		2	1	0	2	1	0
1							
2							
3							
4							

เกณฑ์การให้คะแนน

ด้านการแก้ปัญหา

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
1	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
0	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้น หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

ด้านความคิดสร้างสรรค์

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
1	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่ แต่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
0	ไม่มีผลงาน

ระดับคะแนน

คะแนน	8 – 10	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9

วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน

รหัส ค 33102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : ออกแบบสินค้า

จำนวน 1 คาบ

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1.1.1 ใช้ความรู้เรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติได้ (K1)

1.1.2 นำความรู้เรื่องปริมาตรและพื้นที่ผิวมาใช้แก้ปัญหาได้ (K2)

1.2 ด้านทักษะ / กระบวนการ : ให้นักเรียนสามารถ

1.2.1 ให้เหตุผลได้ (P1)

1.2.2 แก้ปัญหาได้ (P2)

1.2.3 เชื่อมโยงได้ (P3)

1.2.4 มีความคิดสร้างสรรค์ได้ (P4)

1.3 ด้านคุณลักษณะ : ปลูกฝังให้นักเรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1.3.1 มีทักษะการทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A1)

1.3.2 มีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ (A2)

1.3.3 มีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้ (A3)

2. สาระการเรียนรู้

รูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติมีความแตกต่างกัน เพราะรูปเรขาคณิตสามมิติแสดงให้เห็นถึงความหนาหรือความลึก ในขณะที่รูปเรขาคณิตสองมิติจะไม่แสดงส่วนนี้

เราสามารถนำรูปเรขาคณิตสามมิติมาคลี่รูปออกโดยที่ส่วนต่างๆที่คลี่ออกมานั้นไม่แยกหรือฉีกขาดออกจากกัน

$$\text{ปริมาตรทรงกระบอก} = \pi r^2 h$$

โดยที่ r คือ รัศมีของฐาน และ h คือความสูงของทรงกระบอก

3. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นกระตุ้นความสามารถในด้านต่าง ๆ

นักเรียนสนทนากันถึงเรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติที่พบได้ในชีวิตประจำวัน และช่วยกันทบทวนความรู้เรื่องรูปเรขาคณิตที่ได้เรียนมาแล้ว (ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ และการรู้จักตนเอง)

ขั้นการสอนโดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ

นักเรียนแบ่งกันเองออกเป็นกลุ่มๆละ 4-5 คน (A1) จากนั้นนักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 1

เพื่อนำไปอ่านกันในแต่ละกลุ่ม และช่วยกันตอบคำถาม โดยครูคอยให้คำชี้แนะ (ความสามารถด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น ด้านภาษา ด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ และด้านมิติสัมพันธ์)

ขั้นการถ่ายโอนความรู้

นักเรียนนำความรู้เรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติมาใช้ในการสร้างกระป๋องสินค้าตามคำสั่งที่กำหนดให้(K1, P4) และตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 2 (K2, P2, P3, A2, A3)

(ความสามารถด้านตรรกะ/คณิตศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว และด้านความสัมพันธ์กับผู้อื่น)

ขั้นการนำเสนอผลงาน

นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอกระป๋องสินค้าตามที่กลุ่มตนเองได้ประดิษฐ์ (P1)

ขั้นการวัดประเมินผล

นักเรียนและเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันสังเกตจากการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มและผลงานที่นักเรียนประดิษฐ์

4. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 4.1 ใบกิจกรรม 14 และ 15
- 4.2 ไม้บรรทัดและวงเวียน
- 4.3 กาวและกรรไกร
- 4.4 สี
- 4.5 กระดาษแข็ง
- 4.6 แบบประเมินใบกิจกรรม
- 4.7 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรม/พฤติกรรม/ ผลงาน	การวัดผล	การประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้
ด้านความรู้	ตรวจจากผลงาน และการทำใบ กิจกรรม	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	ผลงานของนักเรียน และใบกิจกรรม
ด้านทักษะกระบวนการ	ตรวจจากการทำใบ กิจกรรมและการ สังเกต	ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	แบบประเมิน ใบกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์	สังเกตจากการร่วม กิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนรวมอยู่ใน เกณฑ์ดี	แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์

6. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

นักเรียนสนใจการออกแบบทรงสามมิติมาก จากที่เดิมกำหนดให้ทำทรงกระบอกอย่างเดียว นักเรียนหลายกลุ่มขอทำรูปทรงอื่นๆตามต้องการ เช่น พีระมิด ทรงแปดเหลี่ยม เป็นต้น

ปัญหาอุปสรรค

นักเรียนประยุกต์ความรู้ไม่ค่อยได้ การตอบคำถามในแต่ละข้อทำได้ไม่ดีต้องอธิบายกันเยอะ และเวลาที่ใช้ก็ไม่พอดึงนำการตอบคำถามไปทำต่อเป็นการบ้าน

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

ควรเพิ่มเวลามากกว่านี้

.....ผู้สอน
(นางจรรุวรรณ หรั่งเจริญ)



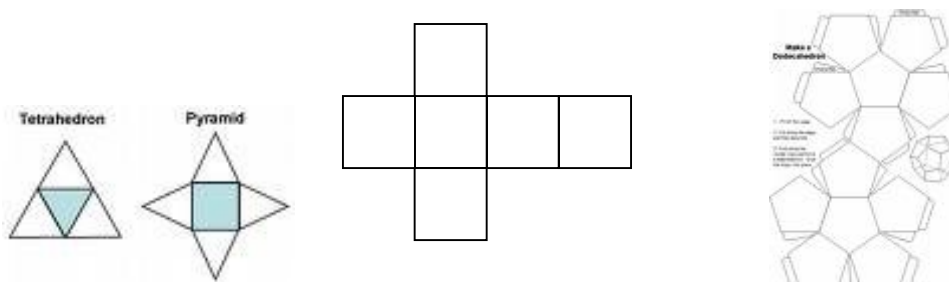
ใบกิจกรรมที่ 14

ออกแบบสินค้า

- กระจังสินค้ายอดนิยม (ทรงกระบอก) ต่างก็ประกอบไปด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติที่รูปร่างอะไรบ้าง?

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนสร้างกระจังจากกระดาษแข็ง โดยไม่ต้องตัดออกเป็นชิ้นๆ แบบรูปเช่นนี้ เรียกว่า รูปคลี่ ดังตัวอย่าง



งานของนักเรียนคือการออกแบบกระจังสินค้าชนิดหนึ่งโดยใช้รูปคลี่ทรงกระบอก นักเรียนต้องใช้กระดาษที่แจกให้อย่างมีค่ามากที่สุดเพราะนั่นจะหมายถึงต้นทุนในการผลิตที่จะต้องเพิ่มขึ้นอีก

2. สมาชิกในกลุ่มต้องมีการวางแผนกันให้ดี กระจังที่ออกแบบนั้นต้องมาจากความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน

3. ในการออกแบบกระจังนั้นจะต้องมีเนื้อหาในกระจังดังนี้

- ชื่อสินค้า
- โฆษณาที่จะช่วยในการขายสินค้า
- การออกแบบที่ดึงดูดสายตาผู้ซื้อ
- ปริมาณของสินค้าที่บรรจุ (เช่น น้ำหนัก หรือ ปริมาตร)
- ข้อมูลของส่วนผสมและคุณค่าทางอาหารของสินค้า

สิ่งเพิ่มเติมที่แต่ละกระจังอาจจะมี

- เคล็ดลับหรือสูตรต่างๆที่จะทำให้ผู้ซื้อเกิดเหตุผลการซื้อมากขึ้น
- คำแนะนำในการใช้สินค้า

4. ออกแบบสินค้าลงในใบร่างก่อนที่จะใส่ลงในแบบจริง และเมื่อเสร็จแล้วให้นักเรียนประกอบเป็นกระจังสินค้าที่เตรียมจำหน่ายจริง



ใบกิจกรรมที่ 15

ออกแบบสินค้า

นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามให้สมบูรณ์ โดยวิเคราะห์ขนาดและรูปร่างของ
กระป๋อง ส่วนในการวัดใช้ทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง

1. นักเรียนใช้กระดาษแข็งไปมากน้อยเพียงใด
2. กระป๋องที่นักเรียนออกแบบมีขนาดเท่าไร
 - ก. ความสูง.....
 - ข. เส้นรอบวงของฝากระป๋อง.....
 - ค. รัศมีของฝากระป๋อง.....
3. พื้นที่ผิวของกระป๋องที่นักเรียนออกแบบมีขนาดเท่าไร (ข้อมูลนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำไปคำนวณหาต้นทุนในการออกแบบ).....
4. ปริมาตรของกระป๋องเป็นเท่าไร.....
5. ถ้าราคาในการออกแบบกระป๋องเป็น 0.001 บาทต่อตารางเซนติเมตร นักเรียนจะต้องจ่ายค่าออกแบบตกแต่งกระป๋องเป็นจำนวนเงินเท่าไร อธิบายที่มาของคำตอบด้วย

6. ถ้าต้นทุนในการผลิตสินค้าในกระป๋องเป็น 0.006 บาทต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อต้นทุนในการผลิตสินค้านี้รวมกับค่าออกแบบตกแต่งกระป๋องแล้วทางบริษัทต้องการกำไรแต่ละกระป๋อง 150% นักเรียนจะตั้งราคาขายสินค้าแต่ละกระป๋องเป็นจำนวนเงินเท่าไร ให้อธิบาย

แบบประเมินใบกิจกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 33102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 ชื่อหน่วย.....เรื่อง.....ห้องเรียน.....
 ผู้ประเมิน.....วันที่.....

เลขที่	ชื่อ - สกุล	การประเมินผล											
		ทักษะ การให้ เหตุผล			ทักษะ การ แก้ปัญหา			ทักษะ การ เชื่อมโยง			ความคิด สร้าง สรรค์		
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0
1													
2													
3													
4													

เกณฑ์การให้คะแนน

ด้านการให้เหตุผล

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
1	มีการอ้างอิงเหตุผลที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
0	ไม่มีการอ้างอิงเหตุผลหรือแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

ด้านการแก้ปัญหา

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
1	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
0	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้น หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

ด้านการเชื่อมโยง

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น / ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยแก้ปัญหาได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
1	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น / ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยแก้ปัญหาได้บางส่วน
0	ไม่มีการเชื่อมโยงใดๆ

ด้านความคิดสร้างสรรค์

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
2	เลือกรูปแบบของการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม และบันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
1	เลือกรูปแบบของการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสมได้บางส่วน และบันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
0	ไม่นำเสนอ และไม่บันทึกผลงานเลย

ระดับคะแนน

คะแนน	8 – 10	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ภาคผนวก ง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการคำนวณและแสดงแนวทางที่ทำให้ได้คำตอบ โดยอาศัยแนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหา

2. ให้นักเรียนเขียนอธิบาย บรรยาย แสดงการให้เหตุผลในการอธิบายคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นตอน โดยอ้างอิงแนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบฉบับนี้มี 3 ตอน ตอนละ 3 ข้อ รวมเป็นทั้งหมด 9 ข้อ แบบทดสอบ 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยข้อคำถามแต่ละตอนจะวัดในด้านต่างๆของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 เป็นการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น

ตอนที่ 3 เป็นการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับโลกจริง

ตอนที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น

1. ร่างกายของคนเราจะสูญเสียน้ำวันละประมาณ 2,800 มิลลิลิตร แต่จะได้น้ำชดเชยจากอาหารที่กินเข้าไป 35% ของปริมาณน้ำที่สูญเสีย และจากปฏิกิริยาภายในเซลล์อีก 14% ของปริมาณน้ำที่สูญเสียไป ที่เหลือจะได้จากการดื่มน้ำ ดังนั้นจะต้องดื่มน้ำวันละกี่ลิตร น้ำในร่างกายจึงจะพอดีกับน้ำที่สูญเสียไป

.....

.....

.....

.....

2. แกแล็กซี NGC 1232 มีระยะห่างจากโลก 65 ล้านปีแสง โดย 1 ปีแสงมีค่า 9.46×10^{12} กิโลเมตร ให้หาระยะทางจากโลกถึงแกแล็กซี NGC 1232 ในรูปของสัญกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

3. อะมีบาเป็นสัตว์เซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กมาก มีการขยายพันธุ์โดยการแบ่งตัวเอง จาก 1 เป็น 2, จาก 2 เป็น 4, จาก 4 เป็น 8 ไปเรื่อยๆ ถ้าอะมีบามีการขยายพันธุ์ทุกๆ 1 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีจะมีอะมีบาก็ตัว

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับโลกจริง

1. ห้างสรรพสินค้าแพนด้าขายน้ำอัดลมกระป๋องยี่ห้อชื่นใจแพค 8 กระป๋อง ในราคา 90.50 บาท ส่วนห้างสรรพสินค้าลีลาขายน้ำอัดลมกระป๋องยี่ห้อชื่นใจเหมือนกันแพค 6 กระป๋อง ในราคา 62.50 บาท นักเรียนคิดว่าห้างสรรพสินค้าห้างใดจะขายน้ำอัดลมกระป๋องยี่ห้อชื่นใจแพงกว่ากัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. พอเพียงตื่นต้นกับการที่จะได้ไปสัมภาษณ์งานที่บริษัทโคโค เธอจึงหยิบเสื้อผ้าในตู้ออกมา เพื่อที่จะเลือกใส่ไปสัมภาษณ์งานในวันพรุ่งนี้ โดยเธอได้หยิบเสื้อมา 3 ตัว มีสีชมพู สีดำ และสีเขียว และหยิบกระโปรงออกมา 4 ตัว มีสีดำ สีขาว สีขาวลายดอกไม้ และสีน้ำตาล พอเพียงจะมีวิธีการเลือกชุดที่จะไปสัมภาษณ์ได้กี่วิธี อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ในการตอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 6 ด้าน ด้านละ 1 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อละ 15 นาที
 - ด้านที่ 1 ด้านความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
 - ด้านที่ 2 ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
 - ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายวิธีให้ได้มากที่สุด
 - ด้านที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
 - ด้านที่ 5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจากสถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์
 - ด้านที่ 6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้
2. คำถามทุกคำถามเป็นแบบให้เขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนตอบลงในข้อสอบซึ่งเว้นที่ไว้ให้
3. ข้อสอบแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกหลายคำตอบ นักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้อย่างอิสระและให้ได้มากที่สุดเท่าที่นักเรียนสามารถคิดได้ และให้นักเรียนทำให้ครบทุกข้อ

ด้านที่ 1 ด้านความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เมื่อแก้ปัญหาแล้วได้คำตอบเป็น 50 โดยให้ได้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากที่สุด

ตอบ

1).

.....
.....

2).

.....
.....

3).

.....
.....

4).

.....
.....

5).

.....
.....

6).

.....
.....

7).

.....
.....

8).

.....
.....

ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดหลายๆวิธีให้ได้มากที่สุด

คำชี้แจง ถ้านักเรียนต้องการหาความสูงของตึกตึกหนึ่ง นักเรียนจะมีวิธีในการหาความสูงได้อย่างไร ให้นักเรียนอธิบายวิธีการหาความสูงนั้น โดยให้เสนอมากวิธีที่สุด

ตอบ

วิธีที่ 1

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

วิธีที่ 2.....

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

วิธีที่ 3.....

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

วิธีที่ 4.....

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

วิธีที่ 5.....

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

วิธีที่ 6.....

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

วิธีที่ 7.....

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

ด้านที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาและประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง อัตราค่าที่จอดรถของห้างสรรพสินค้าเพ็น ให้จอดรถฟรี 3 ชั่วโมงแรก ชั่วโมงที่ 4-5 เสียค่าจอดชั่วโมงละ 30 บาท ชั่วโมงที่ 6 เป็นต้นไปเสียค่าจอดชั่วโมงละ 40 บาท ส่วนห้างสรรพสินค้าโรบอตคิดค่าที่จอดรถ 5 ชั่วโมงแรกชั่วโมงละ 10 บาท ชั่วโมงที่ 6 เป็นต้นไปคิดชั่วโมงละ 20 บาท จากข้อมูลที่กำหนดให้ นักเรียนจะมีวิธีการเลือกที่จอดรถได้อย่างไร ถ้าห้างสรรพสินค้าทั้งสองอยู่ติดกัน จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนตอบคำถามตามความคิดของนักเรียนให้ได้มากที่สุด

ตอบ

- 1).
- 2).
- 3).
- 4).
- 5).
- 6).
- 7).

ด้านที่ 5 ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปและสามารถเติมสิ่งที่หายไปนั้นจาก
สถานการณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ข้อมูลน้ำหนักของนักเรียน 5 คนมีดังนี้ เมย์หนัก 45 กิโลกรัม บัวหนัก 50 กิโลกรัม
เคนหนัก 49 กิโลกรัม ชันทองหนัก 50 กิโลกรัม และป๊อดหนัก 48 กิโลกรัม จากข้อมูลที่
กำหนดให้ ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยสามารถกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมและการ
ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างอิสระ โดยที่ให้ผลลัพธ์ในข้อนี้มีค่าเฉลี่ยเป็น 50

ตอบ

1).

.....
.....

2).

.....
.....

3).

.....
.....

4).

.....
.....

5).

.....
.....

6).

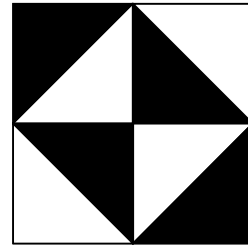
.....
.....

7).

.....
.....

ด้านที่ 6 ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาพื้นที่ส่วนที่แรเงา
ที่อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวด้านละ 8 หน่วย
โดยให้ได้หลายวิธีมากที่สุด



วิธีที่ 1

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

วิธีที่ 2

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

วิธีที่ 3

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

วิธีที่ 4

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

วิธีที่ 5

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

ภาคผนวก จ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญด้านแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. อาจารย์ประสาท สอ้านวงศ์
ข้าราชการบำนาญ
2. ดร.มนัส บุญประกอบ
ข้าราชการบำนาญ
3. อาจารย์ยุทธนา ปฐมวรชาติ
ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านคลองโยง

ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ประสาท สอ้านวงศ์
ข้าราชการบำนาญ
2. อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์วัลลิการ์ กุลชะโร
โรงเรียนวัดเวฬุวนาราม

ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ประสาท สอ้านวงศ์
ข้าราชการบำนาญ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พาสนา จุลรัตน์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล นางจรรุวรรณ หรัยเจริญ
 วันเดือนปีเกิด 15 กรกฎาคม 2518
 สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 3/358 หมู่ 1 แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร
 10210

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536 มัธยมศึกษาตอนปลาย
 จาก โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี

พ.ศ. 2541 วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์
 จาก มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2552 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
 จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ