บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงได้เสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 หลักสูตรขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

- 2.1.1 หลักการ
- 2.1.2 จุดหมาย
- 2.1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4
- 2.1.4 คุณภาพผู้เรียน
- 2.1.5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

- 2.2.1 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบ 4MAT
- 2.2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT
- 2.2.3 ลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนในจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT
- 2.2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT
- 2.2.5 ประโยชน์ของของการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- 2.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.4.1 งานวิจัยในประเทศ
- 2.4.2 งานวิจัยนอกประเทศ

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ [1]

2.1.1 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐาน ของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.2 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2.1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2.1.3.1 สาระการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ดังนี้

1. จำนวนและการดำเนินการ : ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

2. การวัด : ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่างๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

3. เรขาคณิต : รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีทางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation)

4. พีชคณิต : แบบรูป(pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต และการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น : การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจและในการดำเนินชีวิตประจำวัน

6. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.1.3.2 มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันต่าง ๆ

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทาง

คณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.1.4 คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบจำนวนจริง ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ หาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมและสามารถนำสมบัติของจำนวนจริงไปใช้ได้

2. นำความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้คาดคะเนระยะทาง ความสูง และแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

3. มีความคิดรวบยอดในเรื่องเซต การดำเนินการของเซต และใช้ความรู้เกี่ยวกับแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงเซตไปใช้แก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

4. เข้าใจและสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้

5. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สามารถใช้ความสัมพันธ์และฟังก์ชันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

6. เข้าใจความหมายของลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต และสามารถหาพจน์ทั่วไปได้ เข้าใจความหมายของผลบวกของ n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต อนุกรมเรขาคณิต และหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้ได้

7. รู้และเข้าใจการแก้สมการ และอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง รวมทั้งใช้กราฟของสมการ อสมการ หรือฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

8. เข้าใจวิธีการสำรวจความคิดเห็นอย่างง่าย เลือกใช้ค่ากลางได้เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์ สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นไทล์ของข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไปช่วยในการตัดสินใจ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ ประกอบการตัดสินใจ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.1.5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

ตารางที่ 2.1 มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนต่าง ๆ ในระบบจำนวนจริง	• จำนวนจริง

	2. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง	• ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง
	3. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์	• จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

ตารางที่ 2.2 มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. เข้าใจความหมาย และหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์	• การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนจริง • การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

ตารางที่ 2.3 มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. หาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม	• ค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง

ตารางที่ 2.4 มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. เข้าใจสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการบวก การคูณการเท่ากัน การไม่เท่ากันและนำไปใช้ได้	• สมบัติของจำนวนจริงและการนำไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

ตารางที่ 2.5 มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. ใช้ความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติของมุมในการคาดคะเนระยะทางและความสูง	• อัตราส่วนตรีโกณมิติและการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงโดยใช้อัตราส่วนตรีโกณมิติ	• โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูง

สาระที่ 3 เรขาคณิต

ตารางที่ 2.7 มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ และมาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	-	-

สาระที่ 4 พีชคณิต

ตารางที่ 2.8 มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชันต่างๆ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. มีความคิดรวบยอดในเรื่องเซตและการดำเนินการของเซต	• เซตและการดำเนินการของเซต
	2. เข้าใจและสามารถใช้ การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย	• การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย
	3. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เขียนแสดงความสัมพันธ์และฟังก์ชัน	• ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน • กราฟของความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

	ในรูปต่าง ๆ เช่น ตาราง กราฟ และสมการ	
	4. เข้าใจความหมายของลำดับและหาพจน์ทั่วไปของลำดับจำกัด	• ลำดับและการหาพจน์ทั่วไปของลำดับจำกัด
	5. เข้าใจความหมายของลำดับเลขคณิต และลำดับเรขาคณิต หาพจน์ต่างๆของลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต และนำไปใช้	• ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต

ตารางที่ 2.9 มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. เขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงเซตและนำไปใช้แก้ปัญหา	• แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์
	2. ตรวจสอบความสมเหตุ-สมผลของการให้เหตุผล โดยใช้แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์	• การให้เหตุผล
	3. แก้สมการ และอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง	• สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง
	4. สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	• ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน
	5. ใช้กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน ในการแก้ปัญหา	• กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต โดยใช้สูตรและนำไปใช้	• อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 25 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247167
เลขเรียกหนังสือ

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

ตารางที่ 2.10 มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. เข้าใจวิธีการสำรวจความคิดเห็นอย่างง่าย	• การสำรวจความคิดเห็น
	2. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นไทล์ของข้อมูล 3. เลือกใช้ค่ากลางที่เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์	• ค่ากลางของข้อมูล • การวัดการกระจายของข้อมูล • การหาตำแหน่งที่ของข้อมูล

ตารางที่ 2.11 มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. นำผลที่ได้จากการสำรวจ ความคิดเห็นไปใช้คาดการณ์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	• การสำรวจความคิดเห็น
	2. อธิบายการทดลองสุ่มเหตุการณ์ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์และนำผลที่ได้ไปใช้คาดการณ์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	• กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ • การทดลองสุ่ม • แซมเปิลสเปซ • เหตุการณ์ • ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

ตารางที่ 2.12 มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. ใช้ข้อมูลข่าวสาร และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ	• สถิติและข้อมูล
	2. ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา	• ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 2.13 มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 4-6	1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา	-
	2. ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม	-
	3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม	-
	4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	-
	5. เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ	-
	6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	-

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

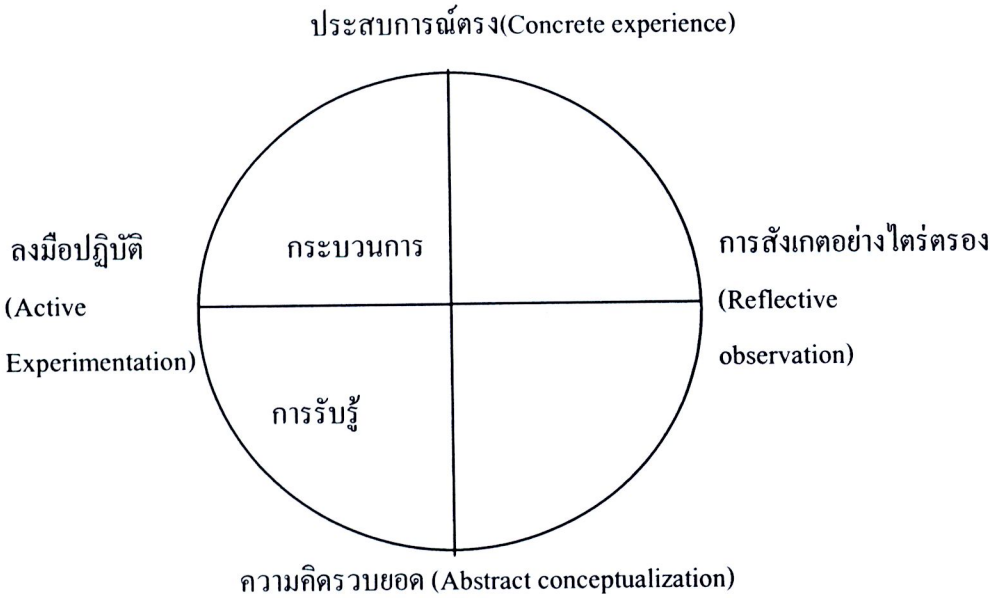
2.2.1 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบ 4MAT

การเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากการค้นคว้าของ เบอร์นีส แมคคาร์ธี (Bernice Mc Carthy) นักการศึกษา นักแนะแนวทางการศึกษาชาวอเมริกันผู้มีประสบการณ์ในการสอนนักเรียน นักศึกษาหลายระดับชั้น ซึ่งเชื่อในศักยภาพของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน โดยคำนึงถึงรูปแบบหรือวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละประเภท

โดยในปี ค.ศ.1979 Mc Carthy ได้ทำการวิจัยเรื่องเกี่ยวกับสไตล์การเรียนรู้และบทบาทของสมอง ซึ่งทำให้ได้มีโอกาสศึกษาข้อมูลแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด กับผู้เชี่ยวชาญเรื่องการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ท้ายสุด แนวความคิดที่มีอิทธิพลต่อ Mc Carthy อย่างมาก คือทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวของ David Kolb ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัย Case Western Research University ที่เสนอความคิดเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ไว้เมื่อปี ค.ศ.1970 โดยอธิบายว่า การเรียนรู้เกิดจากความสัมพันธ์ 2

มิติ คือ การรับรู้ (Perception) และการจัดกระบวนการเรียนรู้ (Processing)โดยกระบวนการเรียนรู้เป็นผลมาจากวิธีการหรือช่องทางที่บุคคลรับรู้แล้วจัดกระบวนการสิ่งที่ได้รับรู้นั้น วิธีการที่บุคคลได้รับรู้มี 2 ประเภท คือ หนึ่ง ผ่านประสบการณ์รูปธรรมหรือประสบการณ์ตรง (Concrete Experience) และสอง ผ่านความคิดรวบยอดหรือมโนมติที่เป็นรูปธรรม (Abstract Conceptualization)

Kolb ยังพบว่ากระบวนการเรียนรู้ของบุคคลบางคนเป็นกระบวนการที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ (Active Experimentation) ในขณะที่บางคนการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสังเกตหรือการรับรู้ข้อมูลพร้อม ๆ กับนำมาคิดไตร่ตรอง (Reflective Observation) และจากจุดตัดของหนทางการรับรู้สองแบบกับช่องทางของกระบวนการ ทำให้ Kolb มองเห็นความแตกต่างของการเรียนรู้ถึง 4 แบบของผู้เรียน ตามพื้นที่ที่ถูกแบ่งด้วยเส้นตรงแห่งการเรียนรู้และเส้นตรงแทนกระบวนการของการรับรู้ ดังภาพประกอบ 1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการเรียนรู้ของ David Kolb

Mc Carthy ได้ขยายความคิดของ Kolb ต่อ โดยให้พื้นที่4ส่วนของวงกลมแทนลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ ซึ่งมีสไตล์การรับรู้และกระบวนจัดการสิ่งที่ได้รู้แตกต่างกัน [10]

2.2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

McCarthy Bernice [11] ได้บอกความหมายของการเรียนรู้แบบ 4MAT คือ กระบวนการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในแนวทางที่ผู้เรียนทุกรูปแบบสนใจจากนั้น ส่วนร่วมในการทำงาน การเรียนรู้ ไปสู่การปฏิบัติและการสร้างสรรค์ผลงานของผู้เรียนแต่ละคน

William G. Huitt [12] ได้บอกความหมายของการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็น กระบวนการที่เตรียมไว้ให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ในแบบที่แต่ละคนถนัดในขณะที่อยู่ในชั้นเรียน เป็นการผสมผสานกันระหว่างการเรียนรู้ 4 รูปแบบกับการทำงานของสมองซีกซ้ายและขวา ทำให้เกิดรูปแบบที่แตกต่างกัน 8 ขั้นตอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน

ปิลันธนา ศุภดลและนวลพรรณ เพียงเกษ [13] ได้บอกความหมายของการเรียนรู้แบบ 4MAT คือ การจัดการเรียนสอนที่มีฐานความเชื่อเกี่ยวกับการทำงานของสมองและพฤติกรรมของผู้เรียนเป็นที่ตั้ง ช่วยทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่พึงปรารถนาในชั้นเรียน โดยจะส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาตามศักยภาพของตน

ปิยาภรณ์ เตชะเรืองรอง [14] ได้กล่าวว่ากิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนทุกรูปแบบ โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นเน้นการพัฒนาสมองซีกซ้ายและขวาซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนร่วมกันอย่างมีความสุขและพัฒนาทักษะของตนเองด้วย

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ [15] ได้กล่าวว่าการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับโอกาสในการพัฒนาการเรียนรู้ตามแบบที่ตนเองถนัดเพื่อให้บรรลุถึงศักยภาพสูงสุดในการเรียนรู้ ในขณะเดียวกันผู้เรียนแต่ละคนก็ควรจะได้รับโอกาสในการเรียนรู้ในแบบที่ตนเองไม่ถนัดด้วยเพื่อพัฒนาศักยภาพสมองในด้านที่บกพร่องของตนเอง

ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และ ไพเราะ พุ่มมั่น [10] ได้กล่าวว่าการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการเรียนรู้ที่ออกแบบให้เหมาะสมกับผู้เรียนทุกลักษณะ โดยกิจกรรมบางช่วงจะตอบสนองให้ผู้เรียนทั้ง 4 แบบมีความสุขในการเรียนในช่วงกิจกรรมที่ตนถนัดและรู้สึกท้าทายในช่วงที่ผู้อื่นถนัดผสมผสานกันไป

จากความหมายของการเรียนรู้แบบ 4MAT ที่กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า 4MAT คือการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้นให้เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน 4 แบบ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัดของตนเองและได้ฝึกฝนการเรียนรู้แบบที่ตนไม่ถนัดด้วยโดยแบ่งการเรียนรู้เป็น
8 ขั้นตอน

2.2.3 ลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT สร้างขึ้นโดยใช้วงกลมเป็นสัญลักษณ์แทนการเคลื่อนไหวของกิจกรรมการเรียนรู้ พื้นที่ของวงกลมถูกแบ่งออกโดยเส้นแห่งการเรียนรู้ และเส้นแห่ง

กระบวนการจัดข้อมูลรับรู้เป็น 4 ส่วน (McCarthy:1990) โดยให้แต่ละส่วนใช้แทนกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ลักษณะเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน

ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และไพเราะ พุ่มมั่น [10] ได้อธิบายลักษณะการเรียนรู้ทั้ง 4 ลักษณะดังนี้ ดังนี้
การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 1 เกิดจากการรับรู้ประสบการณ์และผ่านกระบวนการจัดข้อมูลด้วยการสังเกตอย่างไตร่ตรอง (Reflective Watching) สมองซีกขวาของเขาจะค้นหาความหมายด้วยตัวเองหรือทำความเข้าใจในแง่มุมของเขา (Personal Meaning) จากเรื่องที่ต้องการเรียนหรือเรื่องที่เขาต้องการรับรู้ และสมองซีกซ้ายจะสร้างความเข้าใจเรื่องนั้นด้วยการวิเคราะห์ในรายละเอียด คำถามนำทางในเรื่องนี้คือ “ทำไม” (Why) ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบในแง่มุมของตนเอง โดยใช้ประสบการณ์ที่พบโดยตรง ความเชื่อ ความรู้สึก และความคิดเห็นของตนเองในการวิเคราะห์
การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 2 เกิดจากการรับรู้ความคิดรวบยอด (Concept) และผ่านกระบวนการของการเห็นหรือคิดวิเคราะห์ คำถามนำทางคือ “อะไร” (What) สมองซีกขวาของเขาจะทำหน้าที่ค้นหาประสบการณ์ใหม่ที่บูรณาการเข้ากับสิ่งที่ต้องการรู้ โดยมุ่งหาข้อมูลที่ถูกต้องน่าเชื่อถือจากผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อช่วยในการสร้างความคิดรวบยอดหรือข้อสรุปที่เป็นหลักการหรือเป็นทฤษฎี หรือที่เป็นความถูกต้องแน่นอน ความละเอียดถี่ถ้วนของความรู้และข้อมูลที่ได้รับการยืนยันแล้วจากผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญ คือประเด็นที่ผู้เรียนแบบที่ 2 ให้ความสำคัญ

การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 3 เกิดจากการรับรู้โดยนำความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นนามธรรมแล้วไปผ่านกระบวนการของการลงมือกระทำ คำถามนำทางของการเรียนแบบนี้คือ“ทำอย่างไรจึงจะนำความคิดไปประยุกต์ใช้งานได้” (How does it work?) สมองซีกซ้ายจะค้นหาหนทางทำงานที่ลักษณะของคนอื่น ๆ คือ ดูว่าคนอื่นเขาจะทำงานชิ้นนั้นอย่างไร ซึ่งอาจจะต้องศึกษารายละเอียดหรือขั้นตอนการทำงานตามแนวของผู้อื่น เพื่อพัฒนาให้เกิดเป็นแนวทางเฉพาะของตนเองต่อไป สมองซีกขวาจะพยายามคนหาทางการประยุกต์เป็นแนวเฉพาะตนการเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 4 เกิดจากการรับรู้ด้วยการลงมือการกระทำจนเป็นประสบการณ์รูปธรรม คำถามนำทางคือ “ถ้า” (If) สมองซีกซ้ายจะวิเคราะห์ถึงความสำคัญและความเกี่ยวโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สมองซีกขวาจะค้นหาแนวทางการขยายผล

การเรียนรู้ผู้เรียนแบบที่ 4 นี้ ประสงค์ที่ค้นหาความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสรรพสิ่งและนำผลการเรียนรู้มาสู่ชีวิตจริง มีความกระตือรือร้นที่จะสังเคราะห์ความรู้และทักษะจากการเรียนในแง่มุมที่ตนเองได้ค้นพบเข้ากับสถานการณ์อื่น ๆ ของตนเองและผู้อื่น ถึงแม้ว่าการทำอย่างนั้นจะมีความซับซ้อนเพียงใดก็ตามการเคลื่อนไหวของวัฏจักรทั้งในปัจจุบันและอนาคตแห่งการเรียนรู้เริ่มต้นจากส่วนที่ 1 ไปทางขวาตามเข็มนาฬิกา จากประเด็นคำถาม “ทำไม” ไปสู่ประเด็นคำถาม “อะไร” และ“ทำอย่างไร”

จนถึงคำถาม “ถ้า” ซึ่งเป็นการจบอย่างเปิดประเด็นใหม่ให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบที่เป็นของตนเองโดยมีการดำเนินกิจกรรมที่ยืดหยุ่นตอบสนองผู้เรียนซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้อย่างหลากหลายให้เรียนอย่างมีความสุขและเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ได้กับนักเรียนระดับอนุบาลจนถึงอุดมศึกษา ข้อยืนยันนี้ศึกษารายละเอียดได้จากงานที่ Susan Morris และ Mc Carthy ร่วมกับคณะครูสร้างแผนการสอนทุกระดับชั้นและเกือบทุกวิชารวมไว้ในหนังสือ 4MAT In Action : Sample Lesson Plan For Use With the 4 Mat System, 1990

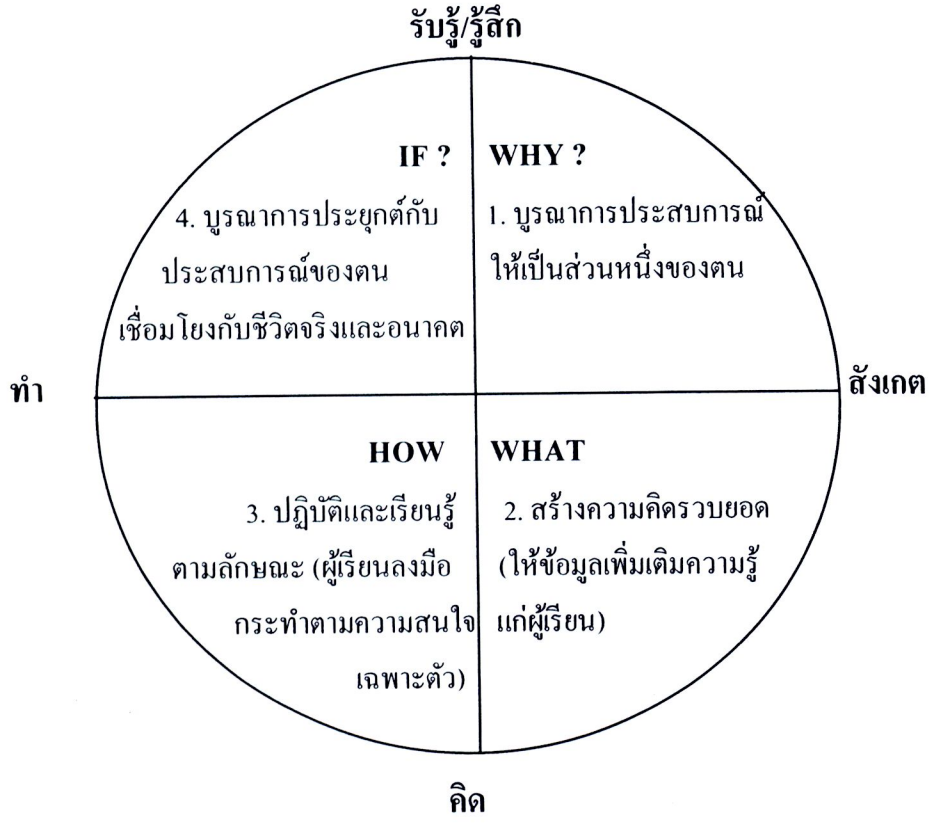
สุคนธ์ สินธพานนท์ [16] ได้อธิบายลักษณะการเรียนรู้ทั้ง 4 ลักษณะ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผู้เรียนที่ถนัดจินตนาการ (Imaginative Learners) เป็นผู้เรียนที่เรียนรู้จากประสบการณ์รูปธรรม ผ่านกระบวนการจัดการข้อมูลด้วยการเฝ้าสังเกตอย่างไตร่ตรอง ผู้เรียนในกลุ่มนี้จะสงสัยและตั้งคำถามตรงกันว่า ทำไม (Why) ต้องเรียนเรื่องนี้

ส่วนที่ 2 ผู้เรียนที่ถนัดการวิเคราะห์ (Analytic Learners) เป็นผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ความคิดรวบยอดซึ่งเป็นนามธรรม เรียนรู้โดยรับรู้จากการสังเกตอย่างไตร่ตรองไปสู่การสร้างประสบการณ์นามธรรมหรือความคิดรวบยอด ผู้เรียนในกลุ่มนี้จะตั้งคำถามว่า อะไร (What) เราจะเรียนอะไรกัน

ส่วนที่ 3 ผู้เรียนที่ถนัดการใช้สามัญสำนึก (Commonsense Learners) เป็นผู้เรียนที่ชอบเรียนรู้จากการรับรู้ความคิดรวบยอด ไปสู่การลงมือปฏิบัติที่สะท้อนระดับความเข้าใจของตนเองผู้เรียนในกลุ่มนี้จะตั้งคำถามว่า อย่างไร (How) เราจะเรียนเรื่องนี้อย่างไร

ส่วนที่ 4 ผู้เรียนที่ถนัดการรับรู้จากประสบการณ์รูปธรรม ไปสู่การลงมือปฏิบัติ(Dynamic Learners) เป็นผู้เรียนที่ยอมรับการเปลี่ยนแปลง ผู้เรียนเรียนรู้และสนุกกับการได้ค้นพบด้วยตนเอง โดยการลงมือปฏิบัติ ผู้เรียนในกลุ่มนี้จะตั้งคำถามว่า ถ้า (If) ถ้า...แล้วจะนำไปใช้อย่างไร



รูปที่ 2.2 วัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT

2.2.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT

ประพันธ์สิริ สุเสารัจ [15] ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ควบคู่กับบทบาทการสอนของครูตามขั้นตอนดังนี้

ผู้เรียนมีการใช้สมองแต่ละซีกแตกต่างกัน และมีความสามารถที่ติดตัวแอบแฝงมาด้วยแล้ว ซึ่งแต่ละคนจะมีไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นผู้เรียนจึงมีลีลาหรือวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างกันลีลาการเรียนรู้ที่แตกต่างกันนี้มีอยู่ 4 แบบคือ 1) WHY แบบจินตนาการ 2) WHAT แบบคิดวิเคราะห์ 3) HOW แบบใช้สามัญสำนึกด้วยการลงมือทำ 4) IF แบบพลวัตรการเปลี่ยนผ่านความรู้ ผู้เรียนในแต่ละแบบควรได้รับโอกาสในการพัฒนาการเรียนรู้ตามแบบที่ตนถนัดเพื่อให้บรรลุถึงศักยภาพสูงสุดในการเรียนรู้ ในขณะเดียวกันผู้เรียนแต่ละคนก็ควรได้รับโอกาสในการเรียนรู้ในแบบที่ตนไม่ถนัดด้วย เพื่อพัฒนาศักยภาพและพัฒนาสมองในด้านที่บกพร่องของตนเอง ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะต้องมีการพัฒนาสมองทั้งซีกซ้ายและซีกขวาไปพร้อมๆกัน และอย่างเท่าเทียมกัน ลีลาการสอนของครูจึงต้อง มี 4แบบ จำแนกตามลักษณะลีลาการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของผู้เรียน การสอนมีทั้งหมด 8 ขั้นตอน เป็นเทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้าย 4 ขั้นตอน ซีกขวา 4 ขั้นตอนสลับกัน ในลีลาการสอนทั้ง 4 ลีลาจะกระตุ้นการคิดที่แตกต่างกัน คือ ส่วนที่ 1 มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้มีความคิดแบบจินตนาการ ส่วนที่ 2

มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์ ส่วนที่ 3 มี 2 ขั้นตอน ให้เกิดประสบการณ์จากสามัญสำนึก และส่วนที่ 4 มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ การคิดวางแผน แก้ปัญหาและการตัดสินใจด้วยตนเองขั้นตอนการสอนจะใช่สมองสลับกัน เริ่มจากทางขวา-ซ้าย ขวา-ซ้าย ซ้าย-ขวา ซ้าย-ขวา ตามลำดับกล่าวคือจะเริ่มสอนด้วยบทบาท ลีลา เทคนิค ของสมอง ซีกขวา และจบในขั้นตอนที่ 8 ด้วยสมองซีกขวา

เทคนิคการสอนผู้เรียนแบบที่ 1 : ทำไม (WHY) ผู้เรียนช่างคิด ช่างสงสัย ช่างตั้งคำถาม
ครู คือ ผู้กระตุ้น ยั่วยุให้อยากรู้อยากเห็น
บทบาทที่ 1 ครู คือ ผู้กระตุ้นสร้างแรงจูงใจ ครูจะต้องเป็นผู้ยั่วยุ กระตุ้นการเรียนรู้และสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียนโดยการให้เขาได้สังเกต คิดไตร่ตรอง สัมผัส ครูจะนำเอาประสบการณ์จริงไปสู่การคิดเพื่อกระตุ้นให้เขาฟัง ได้เห็น อยากคิด และอยากตั้งคำถาม ซึ่งคำถามมีเกิดขึ้นหลากหลายมากมาย แต่สิ่งที่ควรเกิดขึ้นกับผู้เรียนมากที่สุดคือ คำว่า ทำไม วิธีการจัดการเรียนรู้อาจใช้สถานการณ์จำลอง การอภิปราย การสังเกตสิ่งต่างๆ การตั้งคำถาม บทบาทนี้จะทำให้ผู้เรียนแบบที่ 1 (WHY) มีความสุข ความสบายใจในการเรียนรู้มากที่สุด มีขั้นตอน 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นและสร้างประสบการณ์ เป็นการใช้เทคนิคสมองซีกขวาขั้นตอนนี้เป็นการแปลงแนวคิดให้เป็นกิจกรรมโดยกระตุ้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ครูต้องจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้น มีความอยากที่จะเรียนรู้ในสิ่งที่ครูสอน โดยออกแบบกิจกรรมให้เป็นประสบการณ์จริงหรือเป็นกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ส่วนตัวของผู้เรียนและควรเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดและเนื้อหาสาระที่ต้องการจะสอน กิจกรรมที่ใช้ได้ดีในขั้นนี้ เช่น
ฝึกทักษะการสังเกต ฝึกทักษะการตั้งคำถามฝึกทักษะการจินตนาการหรือมโนภาพ ฝึกทักษะการวินิจฉัย ฝึกทักษะการจำแนก แยกแยะ ฝึกทักษะกระบวนการกลุ่ม เช่นการระดมสมอง การพูด การฟัง การสนทนา การโต้ตอบ เป็นต้น
ขั้นที่ 2 ขั้นคิดไตร่ตรอง เป็นการใช้สมองซีกซ้าย โดยใช้สมองวิเคราะห์ ไตร่ตรองประสบการณ์ที่ได้ทำมาอย่างง่ายๆ สะดวกสบาย ไม่ใช่เทคนิคการคิดวิเคราะห์ที่ยุ่งยากมากไป ได้แก่ การอภิปรายที่ครูเป็นผู้นำการอภิปราย การจินตนาการหรือสร้างมโนภาพต่างๆในสมอง ซึ่งเป็นความคิดจินตนาการของผู้เรียนเองโดยอาศัยความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม

เทคนิคการสอนผู้เรียนแบบที่ 2 : อะไร (WHAT) ผู้เรียนช่างคิดวิเคราะห์
ครู คือ ผู้สอน ผู้บอกความรู้
บทบาทที่ 2 ครูคือผู้สอนผู้บอกความรู้ บทบาทของครูเป็นผู้ป้อนความรู้ป้อนความจริง ให้กับผู้เรียนเพื่อให้เกิดการคิดวิเคราะห์ มีความเข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น ครูจะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่ส่งเสริมการ

คิดที่ลึกซึ้งแก่ผู้เรียน ครูเป็นผู้สอน ผู้แจ้งให้ทราบในขั้นนี้ครูจะใช้ทักษะการตั้งคำถามการทดลอง การสังเกต ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการบันทึกต่างๆ มาให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ บทบาทนี้จะทำให้ผู้เรียนแบบที่ 2 (WHAT) มีความสุขความสบายใจในการเรียนรู้มากที่สุด บทบาทนี้นับว่าเป็นบทบาทเดิมๆ ที่ครูส่วนใหญ่เคยใช้กันมาแล้ว มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 3 ขั้นพรั่งพรูประสบการณ์ เป็นเทคนิคสมองซีกขวา เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำเอาประสบการณ์ส่วนตัวโยงเข้ากับเนื้อหาสาระที่เรียน เมื่อผู้เรียนได้รับรู้เนื้อหาสาระที่ครูจัดให้แล้วผู้เรียนได้นำเอาความรู้เหล่านั้นมาเขียนหรือแสดงความรู้สึกของตนเองออกมาเช่น จากประสบการณ์ของผู้เรียนคิดว่าอาชีพนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร

ขั้นที่ 4 ขั้นฝึกทักษะ เป็นการใช้เทคนิคสมองซีกซ้ายขั้นนี้ผู้เรียนได้รับความรู้และความสามารถสังเคราะห์ความรู้ได้จากการที่ครูจัดกิจกรรมโดยการสาธิตหรือทำการสอนหรือเชิญวิทยากรมาบอกเนื้อหาสาระความรู้แก่ผู้เรียน กิจกรรมจัดขึ้นทำได้โดยพาผู้เรียนไปดูการปฏิบัติงานของบุคคลในอาชีพต่างๆ ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งความรู้ เชิญวิทยากรมาบรรยายเกี่ยวกับอาชีพของตน ในขณะที่ครูสอนจะทำการฝึกฝนกับสื่ออุปกรณ์ที่มีอยู่ด้วยทันที ขั้นนี้เป็นการสอนให้ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาวิชา

เทคนิคการสอนผู้เรียนแบบที่ 3 : อย่างไร (HOW) ผู้เรียนกระหายอยากลองทำดู

ครู คือ โค้ชหรือผู้ฝึกสอน

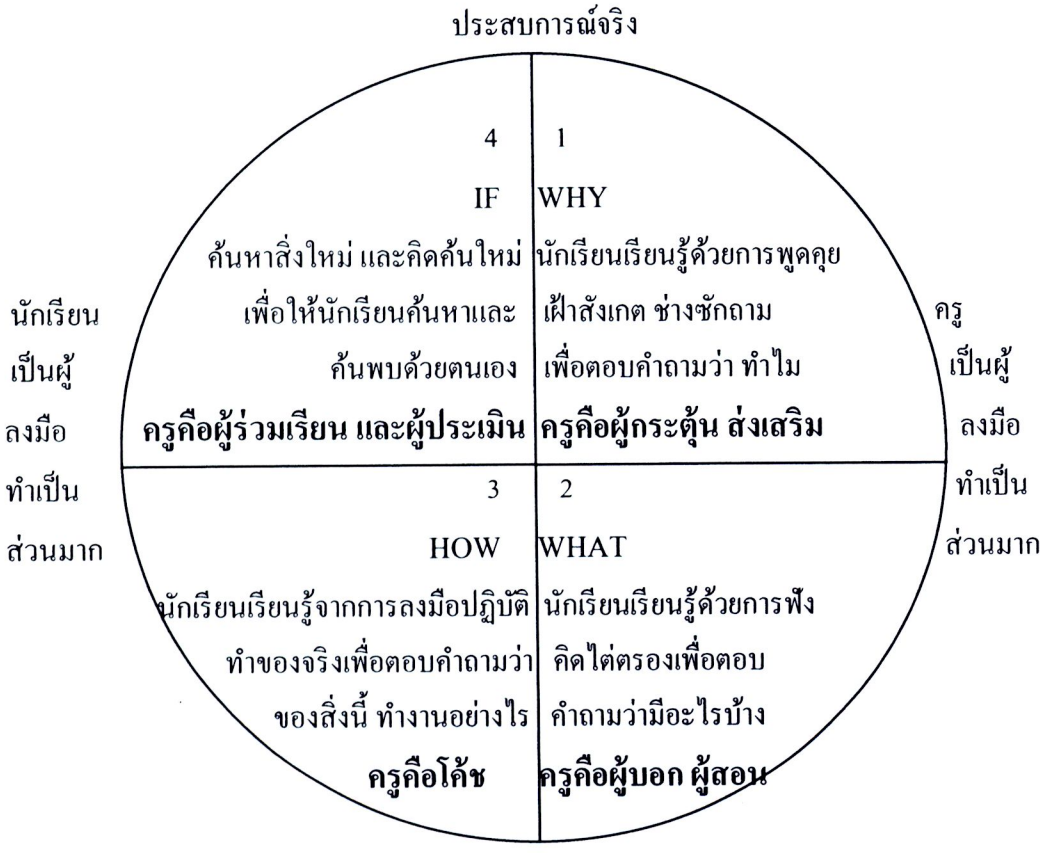
บทบาทที่ 3 ครูคือโค้ชหรือผู้ฝึกสอน ครูจะปล่อยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงและฝึกปฏิบัติจากของจริงด้วยตนเอง การเรียนการสอนจะเน้นเนื้อหา ทักษะที่เป็นชีวิตจริงครูเพียงแต่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ให้ผู้เรียน ครูจะเป็นเพียงผู้ชี้แนะ แนะนำเพื่อให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานให้สำเร็จ ครูจึงเปรียบเสมือนโค้ช หรือผู้ฝึกสอน ครูจำเป็นจะต้องออกแบบกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนกระหายอยากลงมือปฏิบัติจนสำเร็จ บทบาทนี้ผู้เรียนแบบที่ 3 (HOW) จะมีความสุขความสบายใจในการเรียนรู้มากที่สุด โดยมีขั้นตอนที่สำคัญๆ ดังนี้

ขั้นที่ 5 ขั้นลงมือปฏิบัติจากสิ่งที่เรียนรู้ เป็นการใช้เทคนิคสมองซีกซ้ายเป็นการให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการลงมือทำ โดยครูทำการฝึกทักษะให้แก่ผู้เรียนกิจกรรมที่ให้ลงมือทำเป็นแบบแผนเป็นขั้นตอนตามที่ครูกำหนด หากเป็นการทดลองตามขั้นตอนที่ครูวางไว้ ครูคอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด ครูเป็นคนวางแผนและจัดการให้เกิดการเรียนรู้

ขั้นที่ 6 ขั้นเสริมแต่งและฝึกฝนจนเชี่ยวชาญ เป็นการใช้เทคนิคสมองซีกขวาเมื่อผู้เรียนได้ฝึกทักษะตามที่ครูวางแผนมาแล้ว เริ่มฝึกฝนจนมีความก้าวหน้า เกิดความชำนาญและมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น รู้สึกว่ามั่นคงปลอดภัย ครูควรกำหนดกิจกรรมให้มากพอที่ผู้เรียนซึ่งมีความแตกต่างกันจะได้เลือกปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจและความเหมาะสม

เทคนิคการสอนผู้เรียนแบบที่ 4 : ถ้า (IF) ผู้เรียนค้นพบ สร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง
ครู คือ ผู้ประเมินผล ผู้ร่วมเรียนรู้ ผู้แก้ไข
บทบาทที่ 4 ผู้ประเมินผล ผู้ร่วมเรียนรู้ ผู้แก้ไข ครูต้องจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนให้ค้นหา คิดค้น และทดลองทำสิ่งใหม่ๆ ด้วยตัวเขาเองโดยกระตุ้นและกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ให้เขาได้คิดค้น หรือค้นพบสิ่งใหม่ๆ ทักษะที่สำคัญคือทักษะการบูรณาการ ทักษะการประเมิน ทักษะการอธิบาย ทักษะการวาดรูป ทักษะการสังเคราะห์ ทักษะการสื่อความและการพูด เช่น ถ้าไม่เป็นอย่างนี้แล้วจะเป็นอย่างไรได้อีก มันจะเป็นแบบอื่นได้อีกหรือไม่ ถ้าไม่เป็นอย่างนี้มันจะเกิดอะไรขึ้น หรือถ้าเป็นอย่างนี้แล้วจะเกิดอะไรขึ้น หรือถ้ามันเป็นอย่างนั้นแล้วจะทำอย่างไร ตัวอย่างเช่น ครู สอนการเพาะถั่วงอกด้วยกระดาษทิชชูเมื่อถึงขั้น IF อาจตั้งคำถามว่า จากเม็ดถั่วเขียวมันจะงอกออกมาภายในกี่วัน จะมีใบกี่ใบ หรือถ้าไม่ใช้กระดาษทิชชูจะใช้วัสดุอื่นเพาะได้หรือไม่ หรือถ้ามันไม่งอกเพราะอะไร จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเพาะในห้องกับเพาะกลางแจ้ง ถ้าเพาะในห้องไม่มีแสงจะเป็นอย่างไร กลางแจ้งถั่วงอกจะเป็นอย่างไร ครูจะกระตุ้นให้ผู้เรียนลองผิดลองถูกและเรียนรู้เองสอนกันเอง ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นแต่เพียงผู้ร่วมเรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียน และทำหน้าที่เป็นผู้ประเมินความรู้และผลงานของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร และคอบแก้ไขแนะนำผลงานของผู้เรียนเท่านั้น

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ เป็นการใช้เทคนิคมองซีกซ้าย ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้เกิดความกล้าที่จะลองสำรวจ ประเมินตรวจสอบผลงาน สามารถปรับปรุงผลงานของตนและให้ข้อเสนอและข้อคิดแก่คนอื่นได้ นอกจากนี้ผู้เรียนอาจขยายเพิ่มเติมความรู้ด้วยการคิดค้น หรือค้นพบสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้เรียนควรได้มีโอกาสทั้งทำงานเดี่ยวและทำงานเป็นทีม
ขั้นที่ 8 ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นการใช้เทคนิคสมองซีกขวา ทำการขยายความรู้และแบ่งปันความรู้ที่ค้นพบซึ่งกันและกัน หรือเป็นการสะท้อนความรู้ที่ได้รับทั้งหมดตั้งแต่เริ่มสอน เช่น ผู้เรียนช่วยกันตรวจสอบ แก้ไขปรับปรุงงานของกันและกันการรายงานผลหน้าชั้น ติชม วิพากษ์วิจารณ์งานของกันและกัน การรายงานผลงานหน้าชั้นเรียน ติชม วิพากษ์วิจารณ์งานของกันและกัน ตรวจและให้คะแนนผลงานของเพื่อน



รูปที่ 2.3 หลากลีลาการสอน หลายลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียน มี 4แบบ

ศักดิ์ชัย นิรัญทวี [10] กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ดังนี้

ส่วนที่ 1 การบูรณาการประสบการณ์ให้เป็นส่วนหนึ่งของตนเอง

เป็นช่วงที่นักเรียนใช้ประสบการณ์อย่างเป็นรูปธรรม ไปสู่การสังเกต/ คิดวิเคราะห์อย่างไตร่ตรอง

บทบาทครู เป็นผู้กระตุ้น สร้างแรงจูงใจ

วิธีการ คือ การใช้คำถามสร้างความเร้าใจ การอภิปราย การให้นักเรียนทำกิจกรรม การออกไปพบของจริง ในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างประสบการณ์

เป็นขั้นที่ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าสิ่งที่จะเรียนนั้นมีความหมายโดยตรงกับตัวเอง โดยการให้ผู้เรียนได้ สัมผัส ได้เกิดความรู้สึก ได้ซักถามเกิดปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่กำลังจะเรียน ครูอาจใช้กิจกรรมเกม การตั้งคำถามให้คิด หรือให้จินตนาการ

เป็นขั้นที่เน้นการใช้สมองซีกขวา

ทักษะที่สำคัญช่วงนี้ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการตั้งคำถาม ทักษะ

การสร้างมโนภาพ ตลอดจนทักษะการในการร่วมกิจกรรมกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์
ขั้นนี้ยังอยู่ในส่วนที่ 1 คือ กระตุ้นให้เด็กสนใจ และอยากรู้ แต่ในขั้นที่ 2 นี้จะให้เด็กวิเคราะห์ต่อจากขั้นที่ 1 เป็นขั้นที่เด็กต้องหาเหตุผลเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับในขั้นแรกด้วยการวิเคราะห์ เด็กจะช่วยกันอภิปรายและอธิบายให้เหตุผลตามความคิดเห็นของแต่ละคน
ทักษะที่สำคัญในช่วงนี้คือ ทักษะในการวินิจฉัย วิเคราะห์ อภิปราย
ในขั้นนี้ครูอาจใช้เทคนิคการจัดกิจกรรมหลายรูปแบบประกอบ เช่น การใช้เทคนิคการเขียนผังความคิด และวิธีอื่น ๆ ที่ช่วยให้ผู้เรียน เกิดความรู้สึกนึกคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขารู้

ส่วนที่ 2 สร้างความคิดรวบยอด
เป็นการเรียนรู้ในขั้นตอนการเชื่อมโยงจากการเรียนรู้ข้อมูลอย่างไตร่ตรองมาสู่การสร้างความคิดรวบยอด

บทบาทครู ผู้เตรียมข้อมูล ให้ข้อมูล สาธิต
วิธีการ ให้นักเรียนค้นคว้า ครูให้ข้อมูลฯลฯ

ในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้น ดังนี้
ขั้นที่ 3 ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด
ขั้นนี้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และไตร่ตรองความรู้ที่ได้จากขั้นแรกเชื่อมโยงข้อมูลที่ครูให้/ค้นคว้า เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นจนสามารถที่จะเรียนรู้ขั้นต่อไปได้ กล่าวคือ เป็นขั้นที่ต้องจัดกิจกรรมให้เด็กทำแล้วสร้างความคิดรวบยอดเป็นของตนเองได้เป็นขั้นที่เน้นการใช้สมองซีกขวาทักษะที่สำคัญในช่วงนี้คือ ทักษะการสร้างรูปแบบ การจัดระบบการ
วิเคราะห์ การจัดลำดับความสัมพันธ์ การจัดประสบการณ์เปรียบเทียบ
ขั้นที่ 4 พัฒนาความคิดด้วยข้อมูล (หาความรู้เพิ่มเติม)
การสอนในขั้นนี้เป็นขั้นของการให้ข้อมูลรายละเอียด ทฤษฎี หลักการให้
ลึกซึ้งยิ่งขึ้น เพื่อทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจ จนสร้างความคิดรวบยอดเรื่องที่เรียนได้ เน้นการใช้สมองซีกซ้ายขั้นนี้ถึงแม้บทบาทของครูคือ ผู้สอน แต่ครูควรหลีกเลี่ยงการให้ข้อมูล
ความรู้ด้วยการบรรยาย ควรใช้วิธีอื่นแทน เช่น การให้นักเรียนค้นคว้า ทดลอง ครูสาธิต หรือ
ให้เรียนรู้จากวิทยากรท้องถิ่น

ส่วนที่ 3 การปฏิบัติเพื่อฝึกทักษะและการสร้างชิ้นงาน
กระบวนการที่เกิดขึ้นในขั้นนี้เป็นการเคลื่อนไหวจากขั้นสร้างความคิดรวบยอดมาสู่การลงมือกระทำหรือลงมือทดลองตามความคิดของผู้เรียนอย่างกระตือรือร้น

บทบาทครู คือ โค้ช หรือผู้ให้คำแนะนำ ผู้อำนวยความสะดวก ผู้ให้ความ
ช่วยเหลืออยู่เบื้องหลัง

วิธีการ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในส่วนนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 5 ทำตามแนวคิดที่กำหนด

ในขั้นนี้นักเรียนจะทำตามใบงานหรือคู่มือหรือแบบฝึกหัด หรือทำตามขั้นตอนที่กำหนดหรือสรุปไว้ในขั้นที่ 4 ก็ได้ เน้น การใช้สมองซีกซ้ายทักษะที่ใช้ในช่วงนี้คือทักษะการถาม การสำรวจ การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ การทดลอง การลองผิดลองถูก การทำนาย การบันทึก

ขั้นที่ 6 สร้างชิ้นงานตามความถนัด/ความสนใจ

ในขั้นนี้เป็นขั้นของการบูรณาการและสร้างสรรค์อย่างแท้จริงเพราะเป็นขั้นที่นักเรียนมีโอกาสแสดงความสนใจ ความถนัด ความเข้าใจเนื้อหาวิชา ความซาบซึ้ง และจินตนาการของตนเองออกมาเป็นรูปธรรมในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ตนเลือก เช่น เป็นสิ่งประดิษฐ์สมุดรวมภาพ ภาพวาด นิทาน บทกวี หรือบทละครหรือหนังสือ เป็นต้น ซึ่งเน้นการใช้สมองซีกขวากิจกรรมในขั้นที่ 6 นี้ เป็นผลมาจากการลงมือปฏิบัติจากขั้นที่ 5ซึ่งผู้เรียนมีโอกาสทำงาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจจนสามารถพัฒนาเป็นความคิดรวบยอดได้ ดังนั้นครูต้องตระหนักว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 5 ต้องมีลักษณะที่กระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด ไม่ใช่เกิดความจำได้แต่เพียงอย่างเดียว และในส่วนนี้คือสิ่งที่สามารถปรากฏเป็นแฟ้มผลงานของผู้เรียนได้ ถ้าครูวางแผนการทำงานล่วงหน้าไว้อย่างดี เด็กสามารถสร้างผลงานได้โดยครูไม่ต้องคอยพะวงเรื่องการทำแฟ้มผลงานของผู้เรียน

ทักษะที่ใช้ในช่วงนี้คือ ทักษะการจัดระบบ จัดลำดับก่อนหลัว การแก้ปัญหา การลงมือทำงาน การจดบันทึก

ส่วนที่ 4 การบูรณาการการประยุกต์ใช้กับประสบการณ์ของตน

กระบวนการเรียนรู้ในส่วนที่ 4 เกิดจากกิจกรรมของการลงมือกระทำด้วยตนเองจนสำเร็จและไปสู่การรับรู้และมีความรู้สึกที่ดี เป็นประโยชน์ต่อตนเองต่อไป

บทบาทครู เป็นผู้ประเมิน/ผู้ซ่อมเสริม รวมทั้งผู้เรียนรู้ร่วมกัน

วิธีการ การค้นหาตัวเอง การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การแนะนำผู้อื่น

ในส่วนที่ 4 กิจกรรมแบ่งเป็น 2 ขั้นเช่นกัน คือ

ขั้นที่ 7 วิเคราะห์ผลและประยุกต์ใช้

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนได้ชื่นชมกับผลงานของตนเองหรือนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปสู่กิจกรรมอื่น ๆ หรือนักเรียนนำผลงานของตนเองเสนอในกลุ่มย่อย ๆ ให้เพื่อน ๆ ติชม เป็นขั้นที่เน้นการใช้สมองซีกซ้าย

ขั้นที่ 8 แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดกับผู้อื่น

ในขั้นสุดท้ายนี้ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแบ่งปันความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการค้นคว้า หรือการลงมือกระทำกับคนอื่น ๆ ในรูปแบบต่าง ๆตลอดจนจะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นการเชื่อมโยงของสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเรื่องอื่น ๆ ที่อาจพบในสถานการณ์ใหม่ ได้แก่ จัดแสดงนิทรรศการ

หน้าชั้น หรือจัดในห้องสมุด จัดแสดงผลงานในวันสำคัญของโรงเรียน เช่น วันพบผู้ปกครอง วันวิชาการของโรงเรียนเป็นต้น เป็นขั้นที่ เน้นการใช้สมองซีกขวาทักษะที่ใช้ในช่วงนี้คือ การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และแลกเปลี่ยนความคิดความรู้ซึ่งกันและกัน การมองอนาคต ตลอดจนการชื่นชมตนเอง ฯลฯ

สุคนธ์ สินธพานนท์ [16] กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ของสิ่งที่เรียน (พัฒนาสมองซีกขวา)

ผู้สอนกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจให้ผู้เรียนคิด โดยใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตการออกไปปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจริงของสิ่งที่เรียน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์

ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่เรียน โดยให้ผู้เรียนวิเคราะห์หาเหตุผลให้ฝึกทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ฝึกเขียนแผนผังมโนมติ (Concept Mapping) ผู้เรียนช่วยกันระดมสมอง มีการอภิปรายร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด

ผู้สอนเน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์อย่างไตร่ตรอง นำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าโดยจัดระบบการวิเคราะห์ เปรียบเทียบการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด

ผู้สอนให้ทฤษฎีหลักการที่ลึกซึ้ง โดยเฉพาะรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและพัฒนาความคิดรวบยอดของตนเองในเรื่องที่เรียน จึงควรจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้จากใบความรู้ แหล่งวิทยาการท้องถิ่น การสาธิต การทดลอง ดูวีดิทัศน์ การใช้ห้องสมุด

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด

ผู้สอนให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองทำแบบฝึกหัด การสรุปผลการทดลอง สรุปผลการทำแบบฝึกหัดที่ถูกต้อง ชัดเจน ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยก่อนปฏิบัติกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง

ผู้สอนให้ผู้เรียนแสดงความสามารถของตน ตามความถนัด ความสนใจเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานของตนเอง เป็นการแสดงถึงความเข้าใจในเนื้อหาวิชาการที่เรียน ชิ้นงาน ได้แก่ สมุดรวบรวมสิ่งประดิษฐ์ ภาพวาด นิทาน แผ่นพับ ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้

ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ชิ้นงานของตน อธิบายขั้นตอนการทำงาน อุปสรรคในการทำงานและวิธีการแก้ไข โดยบูรณาการประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรืออนาคต อาจวิเคราะห์ชิ้นงานในกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ตามความเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้กับผู้อื่น

ผู้สอนให้ผู้เรียนนำเสนอผลงานของตนเองมานำเสนอหรือจัดแสดงในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดนิทรรศการ จัดป้ายนิเทศ โดยให้สมาชิกกลุ่มอื่นได้ชื่นชมและผลัดกันวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ เป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

ปิลันธนา ศุภดล และนวลพรรณ เพียงเกษ [13] กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ดังนี้

ส่วนที่ 1 Why (ทำไม) สร้างประสบการณ์ตรงเป็นของตนเอง

ขั้นที่ 1 สร้างประสบการณ์ตรง(Creating experience) ครูสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนตามจุดประสงค์ที่กำหนด และสอดคล้องกับหัวข้อที่จะเรียน ด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเข้าร่วมในสถานการณ์จำลอง หรือบทบาทสมมติ

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ไตร่ตรองประสบการณ์ (Analyzing experience) นักเรียนวิเคราะห์ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยการอภิปราย ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างเต็มที่

ส่วนที่ 2 What (อะไร) การกำหนดกฎเกณฑ์ความคิด

ขั้นที่ 3 การปรับมวลประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (Integrating reflections into concepts) นักเรียนเชื่อมประสบการณ์เดิมที่เป็นรูปธรรมไปสู่ประสบการณ์ใหม่ที่เป็นนามธรรม

ขั้นที่ 4 มุ่งสู่หลักการ (Developing theories and concepts) นักเรียนมีความรู้และประสบการณ์ตามที่หลักสูตรคาดหวัง ซึ่งครูจะเน้นเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ

ส่วนที่ 3 How (อย่างไร) การปฏิบัติและพัฒนาความคิดรวบยอด

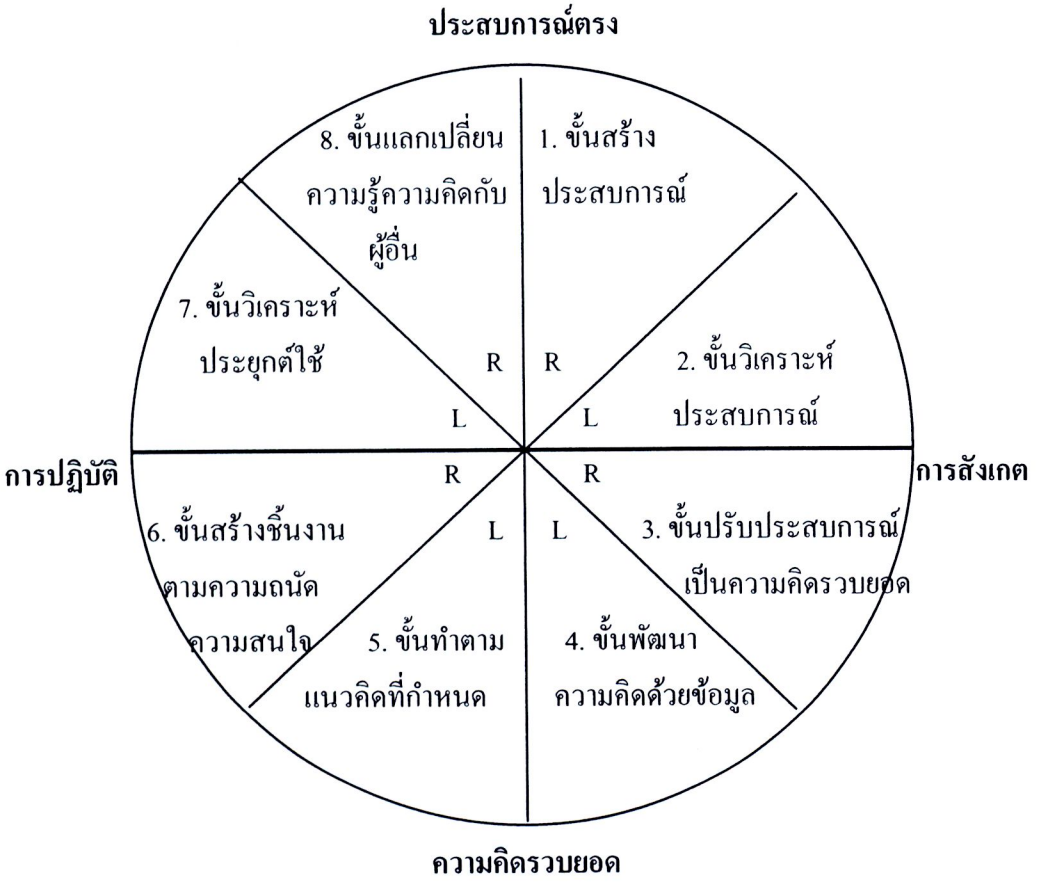
ขั้นที่ 5 การลงมือปฏิบัติ (Working on defined concepts) นักเรียนทบทวนความรู้ ฝึกซ้อมทบทวนวิธีการที่ได้เรียนมา เช่น แบบฝึกหัด ใบงาน แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร เพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 พัฒนาความคิดรวบยอดเป็นของตนเองนักเรียนใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ ใช้ความรู้ที่เรียนมาสร้างชิ้นงาน มีการรวมกลุ่มกันทำงาน

ส่วนที่ 4 If (ถ้า)

ขั้นที่ 7 วิเคราะห์และประยุกต์ใช้ นักเรียนทำงานร่วมกัน มีการวิเคราะห์แผนงาน หรือผลงานรู้จักการวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะของตนเอง คุณภาพและความคิดสร้างสรรค์

ขั้นที่ 8 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ นักเรียนลงมือปฏิบัติทำงานให้สำเร็จและแลกเปลี่ยนความรู้กับคนอื่น โดยให้นักเรียนนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน และให้นักเรียนช่วยกันจัดแสดงผลงานที่ป้ายนิเทศ



รูปที่ 2.4 8 ขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้ (4 MAT)

ทิศนา แขมมณี [17] กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างประสบการณ์ ผู้สอนเริ่มต้นจากการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของเรื่องที่เรียนด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ว่า ทำไม ตนจึงต้องเรียนรู้เรื่องนี้

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ประสบการณ์ หรือสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ทำให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ และยอมรับความสำคัญของเรื่องที่เรียน

ขั้นที่ 3 การพัฒนาประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอดหรือแนวคิด เมื่อผู้เรียนเห็นคุณค่าของเรื่องที่เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดขึ้นด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 การพัฒนาความรู้ความคิด เมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์และเกิดความคิดรวบยอดหรือแนวคิดพอสมควรแล้ว ผู้สอนจึงกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ความคิดของตนให้กว้างขวางและลึกซึ้งขึ้น โดยการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย การเรียนรู้ในขั้นที่ 3 และ 4 นี้คือการตอบคำถามว่า สิ่งที่ได้เรียนรู้คืออะไร

ขั้นที่ 5 การปฏิบัติตามแนวคิดที่ได้เรียนรู้ ในขั้นนี้ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้ความคิดที่ได้จากการเรียนรู้ในขั้นที่ 3-4 มาทดลองปฏิบัติจริง และศึกษาผลที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 6 การสร้างสรรค์ชิ้นงานของตนเอง จากการปฏิบัติตามแนวคิดที่ได้เรียนรู้ในขั้นที่ 5 ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ถึงจุดเด่นจุดด้อยของแนวคิด ความเข้าใจแนวคิดนั้นกระจ่างขึ้น ในขั้นนี้ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถของตน โดยการนำความรู้ความเข้าใจนั้นไปใช้หรือปรับประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานที่เป็นความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง ดังนั้นคำถามหลักที่ใช้ในขั้นที่ 5-6 ก็คือจะทำอย่างไร

ขั้นที่ 7 การวิเคราะห์ผลงานและแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ เมื่อผู้เรียนได้สร้างสรรค์ชิ้นงานของตนตามความถนัดแล้วผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงผลงานของตน ชื่นชมกับความสำเร็จและเรียนรู้ที่จะวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งรับฟังข้อวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อการปรับปรุงงานของตนให้ดีขึ้นและนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

ขั้นที่ 8 การแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด ขั้นนี้เป็นขั้นของการขยายขอบข่ายของความรู้โดยการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดแก่กันและกัน และร่วมกันอภิปรายเพื่อการนำการเรียนรู้ไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและอนาคต คำถามหลักในการอภิปรายก็คือ ถ้า...? ซึ่งอาจนำไปสู่การเปิดประเด็นใหม่สำหรับผู้เรียนในการเริ่มต้นวัฏจักของการเรียนรู้ในเรื่องใหม่ต่อไป

จากรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงขอสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนดังนี้

ส่วนที่ 1 Why (ทำไม) สร้างประสบการณ์ตรงเป็นของตนเอง

ขั้นที่ 1 ครูจัดกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ฝึกการสังเกต ฝึกการคิด และจินตนาการ แล้วตั้งคำถามที่แสดงถึงความสำคัญของเนื้อหาเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนระดมความคิดภายในกลุ่มจากนั้นแสดงความคิด ความรู้จากสิ่งที่สังเกตร่วมอย่างอิสระ

ส่วนที่ 2 What (อะไร) การกำหนดกฎเกณฑ์ความคิด

ขั้นที่ 3 ครูจัดกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เคยเรียนมาแล้วกับสิ่งที่เป็นเนื้อหาใหม่เพื่อให้นักเรียนให้เห็นความสำคัญของเนื้อหา จากนั้นให้นักเรียนสรุปเป็นความคิดรวบยอดด้วยตนเอง กิจกรรมจึงเน้นไปที่ความสัมพันธ์และการเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 4 ครูจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ให้นักเรียนได้อย่างลึกซึ้งและกว้างขวางขึ้น โดยให้ศึกษากฎหรือทฤษฎีในใบความรู้ และศึกษาตัวอย่างที่ครูยกมาให้ จากนั้นครูเป็นผู้อธิบายตัวอย่างที่ยกขึ้นมาตามขั้นตอน หรือ ลองสาธิตการทำแบบฝึกหัด/แสดงวิธีคิดให้ดูตามลำดับ

ส่วนที่ 3 How (อย่างไร) การปฏิบัติและพัฒนาความคิดรวบยอด
ขั้นที่ 5 ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนฝึกฝนให้เกิดความเชี่ยวชาญโดยการให้นักเรียน ปฏิบัติด้วยตนเอง หรือร่วมกันร่วมกันทำแบบฝึกหัด โดยสิ่งที่นักเรียนฝึกฝนนั้นมีลักษณะคล้ายกับสิ่งที่ครูสอน โดยครูเป็นผู้ช่วยเหลือ กำกับ ดูแล
ขั้นที่ 6 ครูให้ผู้เรียนตรวจสอบความถูกต้องถายหลังจากการฝึกฝน จากนั้นมอบหมายงานให้ผู้เรียนไปค้นคว้าความรู้ที่เพิ่งเรียนเพื่อนำมาสร้างชิ้นงาน

ส่วนที่ 4 If (ถ้า)
ขั้นที่ 7 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานหรือโจทย์ปัญหามานำเสนอหน้าชั้นเรียน ในรูปแบบการรายงานให้เพื่อนกลุ่มอื่น และครู ติชม วิพากษ์ วิจารณ์จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไข
ขั้นที่ 8 นำผลงานที่ทำไปแสดงในงานนิทรรศการเพื่อเป็นการแบ่งปันความรู้กับผู้อื่น

2.2.5 ประโยชน์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT

แมคคาร์ธี [18] ได้กล่าวไว้ว่าครูที่ดีสามารถนำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ไปใช้เพื่อประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. สามารถปลูกฝังความรักซึ่งกันและกัน ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นเรื่องง่าย
3. ช่วยให้นักเรียนมั่นใจในตนเองว่า สิ่งที่เป็นไปได้ย่อมเป็นไปได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ในโลกเราได้
4. ทำให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน เพราะครูต้องสอนให้นักเรียนรู้จักยกย่องคุณงามความดีและช่วยผสมผสานสิ่งทั้งปวงที่อยู่ในปัจจุบัน อดีต อนาคตให้เข้ากันได้อย่างดี

สุคนธ์ สินธพานนท์[16] ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบ 4MATไว้ดังนี้
1. ผู้เรียนได้พัฒนาสมองทั้งซีกขวา และซีกซ้าย ได้อย่างสมดุล
2. ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองรู้จักทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มฝึกความเป็นประชาธิปไตย รู้จักรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
3. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดและการตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่างๆได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์
4. ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนรู้จากการสร้างชิ้นงานต่างๆ ด้วยตนเอง มีความภาคภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง

ทิศนา แขมมณี [17] ได้กล่าวถึงผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนรู้แบบ 4MATคือ ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองในเรื่องที่เรียน เกิดความรู้ความเข้าใจและนำความรู้ความเข้าใจนั้นไปใช้ได้ สามารถสร้างผลงานที่เป็นความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง รวมทั้งได้พัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆอีกจำนวนมาก

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน [19] ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ผลการเรียนรู้ที่วัดหรือเทียบจากเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้แบบทดสอบหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ [20] ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสำเร็จที่ดีรับจากความสามารถความรู้หรือทักษะ หรือหมายถึงผลของการเรียนการสอนหรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้นๆก้ได้

วิยดา ขุนพรหม [21] ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ถือว่าเป็นเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนของครู และเป็นเครื่องชี้วัดความสำเร็จของนักเรียน

Eysenck [22] ให้ความหมายคำว่าผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ซึ่งเป็นผลจากการกระทำที่ต้องอาศัยทั้งความสามารถทั้งทางร่างกายและสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อาจได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ

Wilson. [23] กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ จากแนวคิดของวิลสันพอจะกล่าวได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก็คือ ผลสำเร็จของการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ที่ประเมินเป็นระดับความสามารถนั้นเอง และเขายังได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยอ้างอิงตามกรอบแนวคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) ไว้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้น ดังนี้

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) คำถามที่วัดระดับความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงและความรู้พื้นฐาน

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่าง ๆ ได้ โดยคำถามอาจจะเป็นการถามโดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry Out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณ ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ที่ง่าย คล้ายคลึงกับตัวอย่างที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนกว่า แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความ โดยใช้คำพูดของตนเอง

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles, Rules, and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ ไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบของปัญหา จากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Element from One Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลภาษาพูดให้เป็นสมการ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้ อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัด

ความสามารถในขั้นอื่น ๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจ และเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหานี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่า อะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize, Patterns, Isomorphism, and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียน พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ขั้นคือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve non-routine problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) ความสามารถในขั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ความสามารถ

ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนคติ หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalizations) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยใช้ความสัมพันธ์กับเรื่องเดิมและต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือ การถามให้หาคำตอบและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

2.3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วัญญา วิศาลาภรณ์ [24] กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงการวัดความเจริญงอกงามของนักเรียนการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้า ไปสู่จุดหมายที่วางไว้ ดังนั้น ครูควรจะทราบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีความรู้ความสามารถเป็นอย่างไร เมื่อเรียนเสร็จแล้ว มีความรู้ ความสามารถต่างไปจากเดิมหรือไม่ วิธีที่อาจช่วยได้ คือ การทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

อุทุมพร จามรมาน [25] กล่าวว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การพยายามที่จะจัดให้ได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนและตรงตามเนื้อหาสาระที่ครูจัดการเรียนการสอน ดังนั้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงต้องมุ่งที่จะทำความเข้าใจจุดมุ่งหมายของหลักสูตรระดับต่างๆ การจัดการศึกษา ตลอดจนการเรียนการสอน เทคนิควิธี การวัดและประเมินการสอนของครู

สุรชัย ขวัญเมือง [26] กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงการตรวจสอบดูว่าผู้เรียนได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาตามที่หลักสูตรกำหนดไว้แล้วเพียงใด ทั้งนี้ ยกเว้นในทางด้านอารมณ์ สังคมและการปรับตัว นอกจากนี้แล้วยังหมายรวมไปถึงการประเมินผลความสำเร็จต่าง ๆ ทั้งที่เป็นการวัดโดยใช้แบบทดสอบ แบบให้ปฏิบัติการ และแบบที่ไม่ใช้แบบทดสอบด้วย

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ[27] กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการมองการวัดความสามารถทางการเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหา (content) ของวิชาใดวิชาหนึ่งแล้วผู้เรียนมีความสามารถเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

ไพศาล หวังพานิช [28] กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงคุณลักษณะ และความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝน อบรม หรือจากการสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถ หรือถามสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้เท่าใด

จากการศึกษาถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงกระบวนการตรวจสอบว่าผู้เรียนสามารถแสดงออกถึงความสามารถที่พัฒนาขึ้นมากเพียงใดหลักจากการเรียนการสอนและ ไปสู่จุดมุ่งหมายที่ผู้สอนและหลักสูตรได้วางไว้เพียงใด

2.3.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสาเหตุที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้นอาจมีหลายประการดังนี้

Rawat and Cupta [29] ได้กล่าวว่า สาเหตุของการสอบตกและการลาออก อาจมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรือมากกว่านั้น ได้แก่

1. นักเรียนขาดความรู้สึกในการมีส่วนร่วมกับโรงเรียน
2. ความไม่เหมาะสมกับ ของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาของบุตร
4. นักเรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความยากจนของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม ความเชื่อที่ไม่เหมาะสม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำชั้นเพราะการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่นๆ เช่น การคมนาคมไม่สะดวก

วัชรี บูรณสิงห์ [30] ได้กล่าวว่าเป็นนักเรียนที่อ่อนวิชาคณิตศาสตร์นั้นมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ระดับสติปัญญา (I.Q.) อยู่ระหว่าง 75-90 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 30
2. อัตราการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะต่ำกว่านักเรียนอื่นๆ
3. มีความสามารถทางการอ่านต่ำ
4. จำหนักหรือมโนคติเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปแล้วไม่ได้
5. มีปัญหาในการใช้ถ้อยคำ
6. มีปัญหาการใช้ความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ และการสรุปเป็นหลักเกณฑ์โดยทั่วไป
7. มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อยจากการสอบตกวิชาคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง
8. มีเจตคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อวิชาคณิตศาสตร์
9. มีความกดดันและรู้สึกกังวลต่อความล้มเหลวทางด้านการเรียนของตนเองและบางครั้งรู้สึกดูถูกตัวเอง

10. ขาดความเชื่อมั่นในความสามารถในตนเอง
11. อาจมาจากครอบครัวที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากนักเรียนอื่นๆ ซึ่งมีผลทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียน
12. ขาดทักษะในการฟังและไม่มีความตั้งใจในการเรียนหรือมีความตั้งใจในการเรียนเพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ
13. มีข้อบกพร่องในด้านสุขภาพ เช่น สายตาไม่ปกติ มีปัญหาด้านการฟังและมีข้อบกพร่องทางทักษะการใช้มือ
14. ไม่ประสบผลสำเร็จในด้านการเรียนทั่วๆไป
15. ขาดความสามารถในการแสดงออกทางคำพูดซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คำที่แสดงให้เห็นว่าตนเองก็ยังไม่เข้าใจการเรียนนั้นๆ
16. มีวุฒิภาวะค่อนข้างต่ำทั้งทางด้านอารมณ์และสังคม

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี [31] กล่าวถึง สาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเรียนอ่อนทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ข้อบกพร่องทางร่างกาย
2. ระดับสติปัญญาตา
3. มีประสบการณ์ที่ไม่ดีมาก่อน ทำให้ฝังใจ เกิดการต่อต้านไม่ยอมรับ ปิดกั้นตัวเองทั้งแบบรู้ตัวและไม่รู้ตัว
4. สิ่งแวดล้อมทางบ้าน การปลูกฝังนิสัยในการเรียน ตลอดจนนิสัยส่วนตัวในด้านต่าง ๆ เช่นความกระตือรือร้น กล้าคิด กล้าแสดงออก ความอดทน ความเพียรพยายาม การรู้จักแบ่งเวลา ความมีระเบียบวินัยในตนเอง ความรับผิดชอบ การมีสมาธิ
5. วุฒิภาวะต่ำ
6. พื้นฐานความรู้เดิมไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ทำให้เรียนตามเพื่อนไม่ทัน ไม่เข้าใจบทเรียนใหม่

จากการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำนั้นพบว่าสาเหตุมีด้วยกันหลายประการทางด้านการจัดการเรียนการสอน การจัดสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอน เวลาในการสอนไม่เพียงพอ แต่โดยส่วนมากมักเกิดจาก ตัวผู้สอน ตัวผู้เรียนและสภาพแวดล้อม จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น เราจึงต้องมีการร่วมมือกันขจัดปัญหาทุกๆด้านให้หมดไปเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

2.3.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Prescott [32] ได้ใช้ความรู้ทางชีววิทยา สังคมวิทยา จิตวิทยา และการแพทย์ ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียน และสรุปผลการศึกษาว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน มีดังต่อไปนี้คือ

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพทางกายข้อบกพร่องทางร่างกายและบุคลิกท่าทาง
2. องค์ประกอบทางด้านความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดา ความสัมพันธ์ของบิดามารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างลูกๆด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว
3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมและประเพณี ความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้านและฐานะทางบ้าน
4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์กับเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียว ทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน
5. องค์ประกอบแห่งการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของนักเรียนต่อการเรียน
6. องค์ประกอบทางการปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัว การแสดงออกทางอารมณ์

Maddox [33] ได้ทำการศึกษาว่าผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสติปัญญาและความสามารถทางสมอง ร้อยละ 50-60 ขึ้นอยู่กับโอกาสและสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 10-15

แคร์รอล [34] ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลต่อองค์ประกอบต่างๆ ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนโดยการนำครู นักเรียน และหลักสูตรมาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญโดยเชื่อว่าเวลาและคุณภาพของการสอนมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณความรู้ที่นักเรียนจะได้รับ

สุรีย์ ประกายจันทร์ [35] กล่าวถึงสัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า องค์ประกอบด้านพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด ร่วมกับลักษณะนิสัยทางจิตพิสัย ของนักเรียนที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 65% คุณภาพทางการสอนของครูมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 25% อีก 10% เป็นตัวแปรอื่นๆที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิมล ลิ่มเศรษฐโฐ [36] ได้กล่าวถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโรงเรียนนั้นประกอบด้วย

1. พฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด หมายถึง ความสามารถทั้งหลายของผู้เรียนซึ่งประกอบด้วยความถนัด และพื้นฐานเดิมของผู้เรียน

2. คุณลักษณะด้านจิตวิทยา หมายถึง สภาพการณ์หรือแรงจูงใจที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ ความสนใจ เจตคติที่มีต่อเนื้อหาวิชาที่เรียน โรงเรียนและระบบการเรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเอง ลักษณะบุคลิกภาพ
3. คุณภาพการสอน ซึ่งได้แก่ การรับคำแนะนำ การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การเสริมแรงจากครู การแก้ไขข้อผิดพลาด และรู้ผลว่าตนกระทำได้ถูกต้องหรือไม่

ปณตพร โจทย์กิ่ง [37] กล่าวถึง องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้
1. คุณลักษณะของผู้เรียน ได้แก่ ความพร้อมทางสมอง และความพร้อมทางสติปัญญา ความพร้อมทางด้านร่างกาย และความสามารถทางด้านทักษะของร่างกาย คุณลักษณะทางจิตใจ ได้แก่ ความสนใจ แรงจูงใจ เจตคติและค่านิยม สุขภาพ ความเข้าใจเกี่ยวกับตนเอง ความเข้าใจในสถานการณ์ อายุ เพศ
2. คุณลักษณะของผู้สอน ได้แก่ สติปัญญา ความรู้ในวิชาที่สอน ทักษะทางร่างกาย คุณลักษณะทางจิตใจ สุขภาพ ความเข้าใจเกี่ยวกับตนเอง ความเข้าใจในสถานการณ์ อายุ เพศ
3. พฤติกรรมระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้เรียนผู้สอนจะต้องมีพฤติกรรมที่มีความเป็นมิตรต่อกัน เข้าอกเข้าใจกัน มีความสัมพันธ์กันดี มีความรู้สึกที่ดีต่อกัน
4. คุณลักษณะของกลุ่มผู้เรียน ได้แก่ โครงสร้างของกลุ่ม ตลอดจนความสัมพันธ์ของกลุ่มเจตคติ ความสามัคคี และภาวะผู้นำและผู้ตามที่ดี
5. คุณลักษณะของพฤติกรรมเฉพาะตัว ได้แก่ การตอบสนองต่อการเรียน การมีเครื่องมือและอุปกรณ์พร้อมในการเรียน ความสนใจต่อบทเรียน
6. แรงผลักดันภายนอก ได้แก่ บ้าน มีความสัมพันธ์ระหว่างคนในบ้านที่ดี สิ่งแวดล้อม มีวัฒนธรรมและคุณธรรมพื้นฐานที่ดี เช่น ความขยันหมั่นเพียร ความประพฤติดี

อารีย์ คงสวัสดิ์ [38] กล่าวว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลกับผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนนั้นมีองค์ประกอบมากมายหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ คือ
1. ด้านคุณลักษณะการจัดระบบในโรงเรียน ตัวแปรด้านนี้จะประกอบด้วยขนาดของโรงเรียน อัตราส่วนนักเรียนต่อครู อัตราส่วนนักเรียนต่อห้องซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
2. ด้านคุณลักษณะของครู ตัวแปรทางด้านคุณลักษณะประกอบด้วยอายุ วุฒิครูประสบการณ์ของครู การฝึกอบรมของครู จำนวนวันลาของครู จำนวนคาบที่สอนในหนึ่งสัปดาห์ของครู ความเอาใจใส่ในหน้าที่ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ล้นมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทั้งสิ้น
3. ด้านคุณลักษณะของนักเรียน ประกอบด้วยตัวแปรเกี่ยวกับตัวนักเรียน เช่น เพศ อายุ สติปัญญา การเรียนพิเศษ การรับการช่วยเหลือเกี่ยวกับการเรียน สมาชิกในครอบครัว ระดับการศึกษาของบิดามารดา

อาชีพของผู้ปกครอง ความพร้อมเรื่องอุปกรณ์การเรียน การสอนฐานะทางครอบครัว การขาดเรียน การเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางโรงเรียนจัดขึ้น ตัวแปรเหล่านี้ก็มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ด้านภูมิหลังเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมของนักเรียน การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจ สังคมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในต่างประเทศซึ่งประกอบด้วย ขนาดของครอบครัว ภาษาที่พูดในบ้าน ถิ่นที่ตั้งบ้าน การมีสื่อทางการศึกษาต่างๆระดับการศึกษาของบิดามารดา ฯลฯ ผลศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จิราพร กุลฉันท์วิทย์ [6] กล่าวว่า ปัจจัยและองค์ประกอบในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีหลายองค์ประกอบ ได้แก่ ด้านระบบของโรงเรียน ด้านนักเรียน ด้านครู และด้านเศรษฐกิจและสังคม

จากการศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากข้างต้น สรุปได้ว่าทุกๆปัจจัยและองค์ประกอบที่อยู่รอบตัวผู้เรียนและผู้สอนล้วนมีความสำคัญและส่งผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบต่างๆที่มาจากทางครอบครัว ทางสังคม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงหรือต่ำได้

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยในประเทศ

จรูญศรี แจบไธสง[39] ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือ และเปรียบเทียบเจตคติของนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนปทุมคงคา เขตคลองเตย กทม. จำนวน 40 คนโดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการวิจัยแบบ One - Group Pretest Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล ได้แก่ t-test dependent และ t-test independent ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. นักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มอ่อนมีเจตคติต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือไม่แตกต่างกัน

อมรรัตน์ แก่นสาร [40] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนเรื่องทศนิยมและการบวก ลบ คูณ หารระคน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้และการสอนแบบ สสวท. ผลการศึกษาพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เรื่องทศนิยมและการบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.87/76.98 นักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สสวท. นักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีความคงทนในการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแนวการสอนของ สสวท.อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

สหรัฐ เต็มวงษ์ [41] ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม ซึ่งกำลังศึกษาภายในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 60 คน ที่เลือกโดยการสุ่มแบบเจาะจง แบ่งเป็น กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี(งานช่าง) เรื่องวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม, เครื่องมือในงานช่างและความปลอดภัยในการทำงาน และแบบวัดเจตคติที่มีต่อการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT จากการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบ 4MAT สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และเจตคติของนักเรียนที่มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT อยู่ในระดับมาก

สุรชัย คำศิริรักษ์ [42] ได้ทำการวิจัยเพื่อ (1) พัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (2) ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) และ (3) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยแผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเจริญพรวิทยาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาหนองคายเขต 3 จำนวน 76 คน ใช้เทคนิคการสุ่มแบบกลุ่ม โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม คือกลุ่ม 1 จำนวน 38 คนโดยใช้แผนและการ

จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) และกลุ่ม 2 จำนวน 38 คน เรียนโดยใช้แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิดคือ (1)แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) จำนวนแบบละ 14 แผน ใช้เวลาทดลองทั้งหมด 7 สัปดาห์ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.23 ถึง 1.0 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.93 (3) แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.312 ถึง 0.62 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.76 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานได้แก่ Hotelling'T^2

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) เรื่องพหุนาม วิชา คณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพ 85.38/76.46 แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) มีประสิทธิภาพ 85.54/76.16
2. ดัชนีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้วยแผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) เท่ากับ 0.07 และดัชนีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้วยแผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) มีประสิทธิภาพ 0.69
3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยแผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) แผนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

โดยสรุป รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ (4MAT) และแบบร่วมมือกลุ่มเกมแข่งขัน (TGT) ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรสนับสนุนและส่งเสริมให้ครูคณิตศาสตร์นำรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

อรปวีณ์ สุตะพาหะ [9] ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีนนทบุรี จังหวัด นนทบุรี ปีการศึกษา 2546 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำ จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากประชากรแล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน กลุ่มทดลองได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) แบบแผนการทดลองเป็นแบบ Group Pretest Design เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า คือ แบบสอบถามการคิดอย่างมีวิจารณญาณสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น หลังจากได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
2. นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น หลังจากไม่ได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. นักเรียนที่ได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่า นักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4MAT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุดาภรณ์ อรุณดี[43] การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชผาติการาม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2545 ที่มีความถนัดทางการเรียนร้อยละ 50 ขึ้นไป และมีพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสม จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากประชากร และสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 10 คน โดยกลุ่มทดลองได้รับการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามคู่มือครูเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบสอบถามพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยสรุปดังนี้

1. นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้นหลังจากได้รับการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
2. นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้นหลังจากได้รับการใช้การเรียนรู้ตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. นักเรียนที่ได้รับการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT มีพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

McCarthy [44] ได้ศึกษานักเรียน 4 แบบ ระบบ 4MAT อยู่ที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในห้องเรียน ในขณะเดียวกันนักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้ครบถ้วนตามวงจรการศึกษา นักเรียนสามารถทำให้เกิดผล โดยเป็นไปตามวงจรธรรมชาติจากความรู้สึกไปถึงผลสะท้อนกลับมาให้คิดวิเคราะห์ ในที่สุดแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม โดยครูไม่แบ่งนักเรียนเป็นประเภทต่างๆ แต่ช่วยพวกเขาให้เกิดความสมดุลและมีความพร้อมสมบูรณ์ ผลปรากฏว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงถึงความคิดวิเคราะห์

Ursin [45] ได้ศึกษาผลจากการใช้รูปแบบ 4MAT ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักเรียนเกรด 9 ในวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมในรัฐ Connecticut จำนวน 48 คนแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบ 4MAT กับการสอนตามหนังสือแบบเรียนพบว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบ 4MAT และกลุ่มที่สอนอนตามหนังสือเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในด้านเจตคติพบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน