

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาระเบียบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4 MAT
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมองกับการเรียนรู้ของมนุษย์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

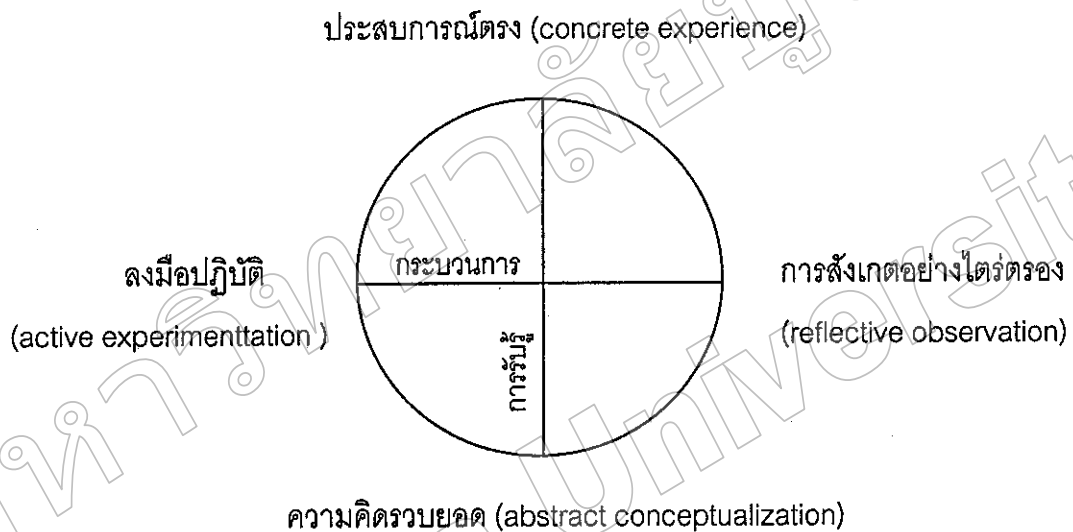
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4 MAT

ความเป็นมาของการสอนแบบ 4 MAT ความเป็นมาของรูปแบบของการเรียนการสอนแบบ 4 MAT นั้น อุษณีย์ โพธิ์สุข (2537, หน้า 60-68) ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และไพเราะ พุ่มมัน (2542, หน้า 7-11) ได้สรุปไว้ดังนี้ว่า แมกคาร์ธี (McCarthy) เป็นผู้ที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้เป็นคนแรก โดยเขาเป็นนักการศึกษาที่มีประสบการณ์ในการสอนนักเรียนนักศึกษาหลายระดับชั้น รวมทั้งยังเป็นนักการฝึกหัดครู และนักแนะแนวให้คำปรึกษาแก่เด็กทำให้เกิดความเข้าใจว่าเด็กแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งสภาพสติปัญญา การรับรู้ และการเรียนรู้อย่างสิ้นเชิง สิ่งนี้เป็นแรงจูงใจที่ผลักดันให้แมกคาร์ธีทำวิจัยขึ้นมา

โดยในปี ค.ศ. 1979 แมกคาร์ธี ได้ทำการวิจัยเรื่องเกี่ยวกับสไตล์การเรียนรู้และบทบาทของสมอง ซึ่งทำให้ได้มีโอกาสศึกษาข้อมูลแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดกับผู้เชี่ยวชาญเรื่องการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ท้ายสุดแนวความคิดที่มีอิทธิพลต่อแมกคาร์ธีอย่างมาก คือ ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวของ เดวิด คอลบ์ (David Kolb) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัย Case Western Research University ที่เสนอความคิดเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ไว้เมื่อปี ค.ศ. 1970 โดยอธิบายว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ 2 มิติ คือการรับรู้ (perception) และการจัดกระบวนการข้อมูล (processing) โดยกระบวนการเรียนรู้เป็นผลมาจากวิธีการหรือช่องทางที่บุคคลรับรู้แล้วจัดกระบวนการสิ่งที่ได้รับรู้นั้น วิธีการที่บุคคลรับรู้มี 2 ประเภท คือหนึ่งผ่านประสบการณ์รูปธรรมหรือ

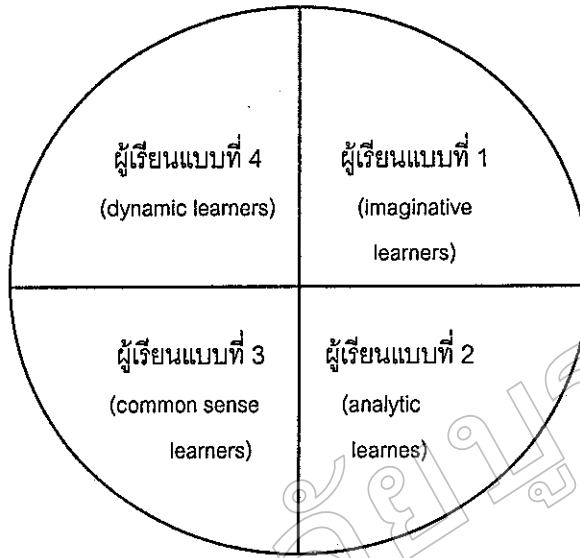
ประสบการณ์ตรง (concrete experience) และสองผ่านความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ที่เป็น
รูปธรรม (abstract conceptualization)

คอปยังพบว่ากระบวนการเรียนรู้ของบุคคลบางคนเป็นกระบวนการที่เกิดจากการลงมือ
ปฏิบัติ (active experimentation) ในขณะที่บางคนเรียนรู้ผ่านกระบวนการสังเกตหรือการรับรู้
ข้อมูลพร้อม ๆ กับนำมาคิดไตร่ตรอง (reflective observation) และจากจุดตัดของหนทางการรับรู้
สองแบบกับช่องทางของกระบวนการทำให้คอปมองเห็นความแตกต่างของการเรียนรู้ถึง 4 แบบ
ตามพื้นที่ที่ถูกแบ่งด้วยเส้นตรงแห่งการเรียนรู้และเส้นตรงแทนกระบวนการของการรับรู้



ภาพที่ 1 รูปแบบการเรียนรู้ของ David Kolb (ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และ ไพเราะ พุ่มม่น, 2542, หน้า 8)

ในปี ค.ศ. 1980 แมกคาร์ธีย์ ได้เอาแนวความคิดของคอปมาประยุกต์ต่อ ซึ่งรูปแบบของ
คอปนั้นก็ได้อาการฐานทฤษฎีมาจาก John Dewey, Kurt Lewin และ Jean Piaget แล้วสรุปแนว
ความคิดเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบใหม่ที่ตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ
(4 types of student) โดยให้พื้นที่ 4 ส่วน ของวงกลมแทนลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ ซึ่ง
ลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมอง และระบบการทำงานของ
สมองซีกซ้ายและซีกขวา ทำให้ผู้เรียนมีสไตล์การเรียนรู้และกระบวนการจัดการสิ่งที่ได้รับรู้
แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 พื้นที่ 4 ส่วนของวงกลมแทนลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ

ส่วนที่ 1 ด้านบนขวา แทนผู้เรียนแบบที่ 1 (type one learners) เป็นผู้เรียนที่ถนัดการรับรู้จากประสบการณ์รูปธรรมผ่านกระบวนการจัดการข้อมูลด้วยการสังเกตอย่างไตร่ตรอง ซึ่งต่อมาเขาเรียกผู้เรียนแบบที่ 1 ว่า ผู้เรียนที่ถนัดจินตนาการ (imaginative learners)

ส่วนที่ 2 ด้านล่างขวา แทนผู้เรียนแบบที่ 2 (type two learners) เป็นผู้เรียนที่ถนัดการรับรู้ความคิดรวบยอด (concept) ซึ่งเป็นนามธรรมผ่านกระบวนการสังเกตอย่างไตร่ตรอง อาจเรียกผู้เรียนแบบนี้ว่า ผู้เรียนถนัดการวิเคราะห์ (analytic learners)

ส่วนที่ 3 ด้านล่างซ้าย แทนผู้เรียนแบบที่ 3 (type three learners) เป็นผู้เรียนที่ชอบการเรียนรู้จากการรับรู้ความคิดรวบยอดแล้วผ่านกระบวนการลงมือทำ เรียกผู้เรียนแบบที่ 3 ว่า ผู้เรียนที่ถนัดใช้สามัญสำนึก (common sense learners)

ส่วนที่ 4 ด้านบนซ้าย แทนผู้เรียนแบบที่ 4 (type four learners) เป็นผู้เรียนที่ถนัดการรับรู้จากประสบการณ์รูปธรรมและนำสู่การลงมือปฏิบัติ เรียกผู้เรียนแบบที่ 4 ได้อีกอย่างหนึ่งว่า ผู้เรียนที่ยอมรับการเปลี่ยนแปลง (dynamic learners)

ลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนแบบ 4 MAT เมื่อนำความคิดเรื่องสมองซีกซ้ายและซีกขวามาวนวกกันกับรูปแบบการเรียนรู้ แมกคาธี ได้อธิบายลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้ง 4 แบบไว้ดังนี้

การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 1 เกิดจากการรับรู้ประสบการณ์ด้วยความรู้สึกและผ่านกระบวนการรับรู้อย่างไตร่ตรอง (reflective watching) สมองซีกขวาของเขาจะค้นหาความหมาย

เฉพาะตัวเขา หรือทำความเข้าใจในแง่มุมมองของเขา (personal meaning) จากเรื่องที่ต้องการเรียน และสมองซีกซ้ายจะสร้างความเข้าใจเรื่องนั้นด้วย การวิเคราะห์ในรายละเอียด คำถามนำทางในเรื่องนี้ คือ “ทำไม” ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบในแง่มุมมองตนเอง ต้องเข้าใจว่าการเรียนรู้นั้นมีผลกระทบอย่างไรต่อตนเอง เรื่องที่เรียนเกี่ยวข้องกับความเชื่อ ความรู้สึก และความคิดเห็นของตนเองอย่างไร

การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 2 เกิดจากการรับรู้ด้วยการรับรู้ความคิดรวบยอด (concept) และผ่านกระบวนการของการดู การเห็น หรือการรับรู้ข้อมูลอย่างไตร่ตรอง คำถามนำทาง คือ “อะไร” สมองซีกขวาของเขาจะทำหน้าที่ค้นหาประสบการณ์ใหม่ที่บูรณาการเข้ากับสิ่งที่จะมุ่งหาข้อมูลที่ถูกต้องนำเชื่อถือจากผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยในการสร้างความคิดรวบยอด หรือข้อสรุปที่เป็นหลักการ หรือเป็นทฤษฎี ความถูกต้องแน่นอน ความละเอียดถี่ถ้วนของความรู้และข้อมูลที่ได้รับการยืนยันแล้วจากผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญ คือ ประเด็นที่ผู้เรียนแบบที่ 2 ให้ความสำคัญ

การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 3 เกิดจากการรับรู้ความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นนามธรรมเช่นกัน แต่กลับไปผ่านกระบวนการของการลงมือกระทำ คำถามนำทางของการเรียนแบบนี้คือ “ทำอย่างไรจึงจะนำความคิดไปประยุกต์ใช้งานได้” (how does it work ?) สมองซีกขวาของเขาจะพยายามค้นหาหนทางในการประยุกต์ที่เป็นเฉพาะของตนเอง ส่วนสมองซีกซ้ายจะค้นหาหนทางทำงานที่เป็นลักษณะของคนอื่น ๆ คือ ดูว่าคนอื่นเขาจะทำงานชิ้นนั้นอย่างไร ซึ่งอาจจะต้องศึกษารายละเอียดหรือขั้นตอนการทำงานตามแนวของผู้อื่น เพื่อพัฒนาให้เกิดเป็นแนวทางเฉพาะตนเองต่อไป

การเรียนรู้ของผู้เรียนแบบที่ 4 เกิดจากการรับรู้ด้วยการมีความรู้สึกต่อประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม และผ่านกระบวนการลงมือการกระทำ คำถามนำทางคือ “ถ้า” สมองซีกขวาจะค้นหาแนวทางการขยายผลจากการเรียนรู้ และซีกซ้ายจะวิเคราะห์ถึงความสำคัญและความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ผู้เรียนแบบที่ 4 นี้ ประสงค์ที่จะค้นหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงของสรรพสิ่ง และนำผลการเรียนรู้มาสู่ชีวิตจริง มีความกระตือรือร้นที่จะสังเคราะห์ความรู้ และทักษะจากการเรียนในแง่มุมมองตนเองได้ค้นพบเข้ากับสถานการณ์อื่น ๆ ของตนเองและผู้อื่น ถึงแม้ว่าการทำอย่างนั้นจะมีความซับซ้อนเพียงใดก็ตาม

แนวความคิดของการสอนแบบ 4 MAT การสอนแบบ 4 MAT มีแนวความคิดว่าการเรียนรู้และการสอนมีการดำเนินไปอย่างเป็นลำดับขั้นตอนตามวัฏจักรของการเรียนรู้ โดยนำเทคนิคของการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวามาสานกับรูปแบบการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้แตกต่างกัน สามารถเรียนและพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่และมี

ความสุข โดยมีความเชื่อพื้นฐานและแนวความคิดเกี่ยวกับความหลากหลายในการเรียนรู้สำหรับจัดการเรียนการสอน ดังนี้ (McCarthy, 1990, p. 1)

1. มนุษย์ทุกคนได้รับประสบการณ์และข้อมูลความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน และมีกระบวนการรับรู้ข้อมูลความรู้ และจัดการประสบการณ์ของตนเองในลักษณะที่ต่างกัน

2. รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนมีคุณค่าเท่าเทียมกัน

3. การเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างของรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่

3.1 ผู้เรียนแบบที่ 1 เป็นผู้ที่มีความสนใจในการสร้างความหมายเฉพาะตัวในแง่มุมมองของตนเอง ครูผู้สอนจำเป็นต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้มีเหตุผล

3.2 ผู้เรียนแบบที่ 2 เป็นผู้ที่มีความสนใจข้อสรุปที่เป็นหลักการ ข้อเท็จจริงหรือทฤษฎี และทำความเข้าใจศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงหรือทฤษฎีต่าง ๆ ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องป้อนข้อมูล ถ่ายทอดความรู้ข้อเท็จจริงหรือทฤษฎีที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน ถูกต้อง ละเอียดถี่ถ้วน

3.3 ผู้เรียนแบบที่ 3 เป็นผู้ที่มีความสนใจในหลักการหรือความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรมที่สามารถสร้างผลงานด้วยการลงมือกระทำหรือปฏิบัติจริง ครูผู้สอนจึงควรจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง พร้อมกับศึกษาขั้นตอนการทำงานของผู้อื่น เพื่อพัฒนาหรือประยุกต์เป็นแนวทางของตน

3.4 ผู้เรียนแบบที่ 4 เป็นผู้ที่มีความสนใจในการค้นพบความรู้ด้วยตนเองถึงแม้ว่าเรื่องที่สนใจศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติจะมีความยุ่งยากซับซ้อนเพียงใดก็ตาม ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติ หรือแลกเปลี่ยนความรู้ต่อกัน

4. ผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ด้วยความสุขด้วยรูปแบบการเรียนรู้ของตนเอง

5. ครูต้องมีความเข้าใจในวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ใช้ในแต่ละส่วนตามขั้นตอนของการสอนแบบ 4 MAT และสามารถพัฒนาผู้เรียนทุกคนได้ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ

6. การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการสอนแบบ 4 MAT ผู้เรียนจะแสดงความสามารถและศักยภาพแตกต่างกัน ดังนั้นผู้เรียนจึงมีโอกาสนเรียนรู้จากเพื่อนแต่ละคน

7. การจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เป็นรูปแบบการสอนที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา ดังนั้นผู้เรียนที่มีความสามารถในการใช้สมองซีกซ้ายหรือซีกขวาจะเรียนรู้ได้เพียงครั้งเวลาแต่จะปรับครั้งเวลาที่เหลือเพื่อพัฒนาสมองซีกที่ตนเองไม่ถนัดได้อย่างเหมาะสม

8. เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT คือ การพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้ง 4 แบบผสมผสานกับการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาของผู้เรียนแต่ละคน

9. ผู้เรียนที่มีความสนใจ รู้จักสังเกตสภาพแวดล้อมที่อยู่แวดล้อมตนเองย่อมสามารถเรียนรู้จากผู้อื่นได้มากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการสอนแบบ 4 MAT แมกคาธี (McCarthy, 1990, p. 3) กล่าวว่าจัดการเรียนการสอนตามแนวความคิดของการสอนแบบ 4 MAT จะประสบผลสำเร็จได้ครูผู้สอนจะต้องเปลี่ยนทัศนคติโดยจัดสภาพการเรียนรู้ต่อไปนี้

1. จัดสภาพการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้อย่างเท่าเทียมกัน
2. สร้างแรงจูงใจให้เกิดกับผู้เรียนซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่หลักของครูผู้สอน
3. จัดสภาพการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความสุขจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสนใจและได้ค้นพบตัวเอง

4. ฝึกทักษะผนวกกับความคิดรวบยอดพร้อม ๆ กับให้เห็นประโยชน์โดยตรง
5. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา

6. ยอมรับความสามารถและให้เกียรติผู้เรียนพร้อมกับชื่นชมความหลากหลายของผู้เรียน

แนวการสอนแบบ 4 MAT จึงออกแบบให้เหมาะกับผู้เรียนทุกลักษณะ โดยกิจกรรมบางช่วงจะช่วยให้ผู้เรียนทั้ง 4 แบบมีความสุขในการเรียนในช่วงกิจกรรมที่ตนเองถนัดและรู้สึกท้าทายในช่วงที่ผู้อื่นถนัดผสมผสานกันไป

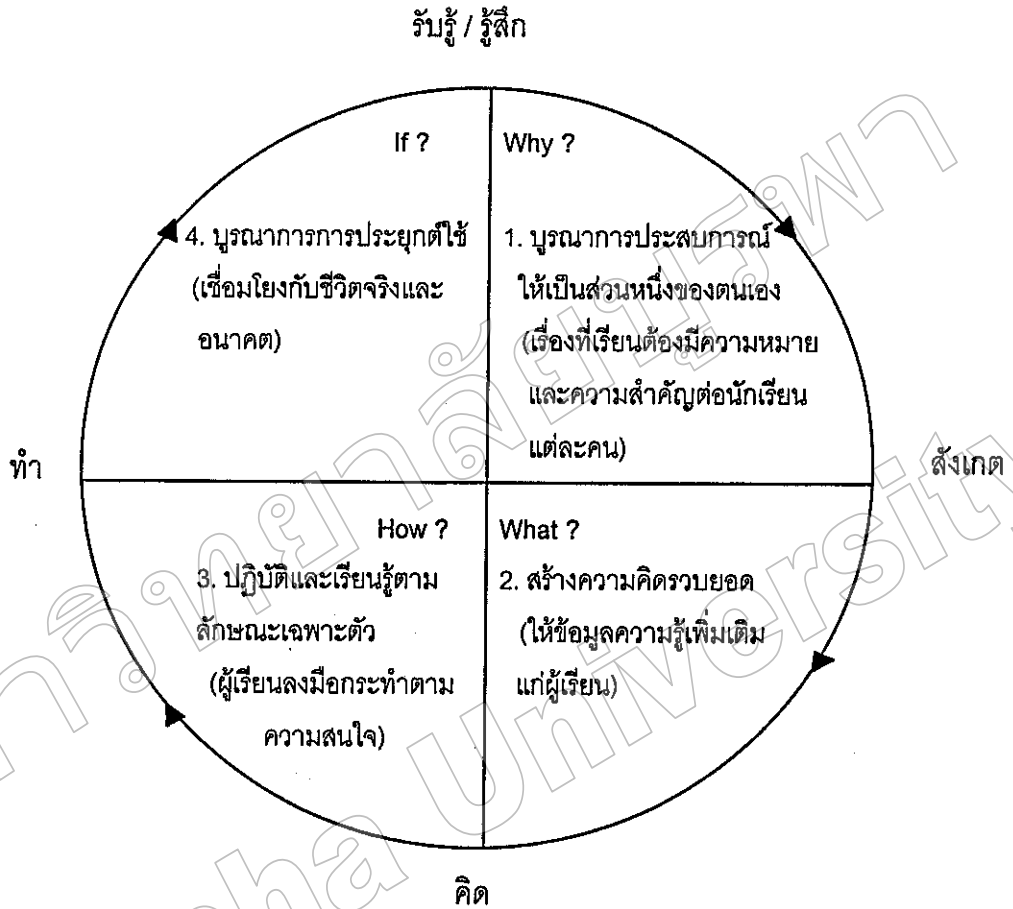
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4 MAT การจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT นั้นศักดิ์ชัย นิริยุทธี และ ไพเราะ พุ่มม้น (2542, หน้า 13-16) ได้กล่าวว่าการสอนแบบ 4 MAT สร้างขึ้นโดยใช้วงกลมเป็นสัญลักษณ์แทนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ พื้นที่ของวงกลมถูกแบ่งออกโดยเส้นแห่งการเรียนรู้และเส้นแห่งกระบวนการจัดข้อมูลรับรู้เป็น 4 ส่วน กำหนดให้แต่ละส่วนใช้แทนกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ลักษณะ โดยนิยามว่า

ส่วนที่ 1 คือบูรณาการประสบการณ์เข้ากับตนเอง (integrating experience with the self) ใช้คำถามที่เป็นคำถามนำกิจกรรม คือ ทำไม (why ?)

ส่วนที่ 2 คือสร้างความคิดรวบยอด (concept formulation) คำถามที่เป็นคำถามนำกิจกรรมประจำส่วนนี้คืออะไร (what ?)

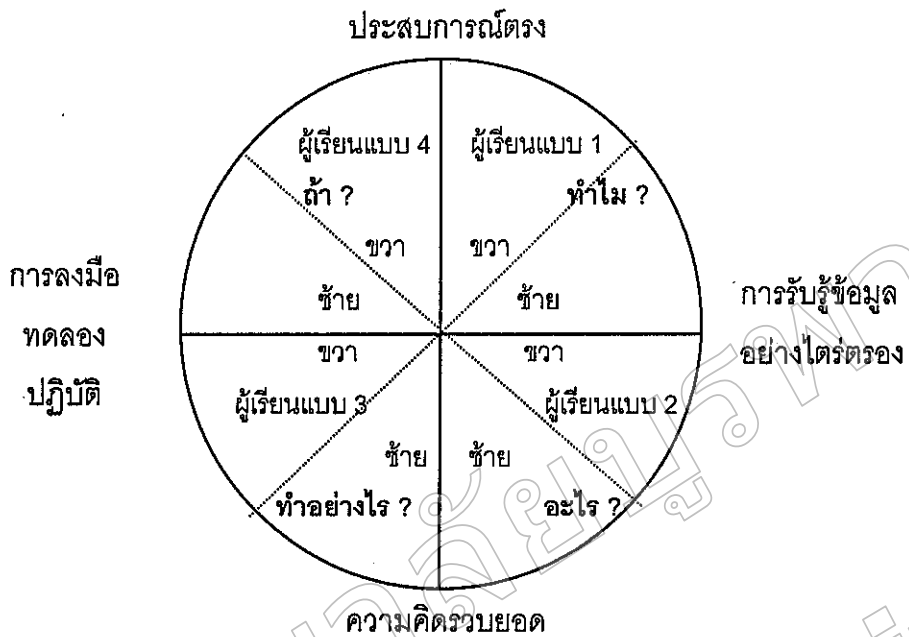
ส่วนที่ 3 คือ ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ตามลักษณะเฉพาะตัว (practice and personalization) คำถามที่เป็นคำถามนำกิจกรรมประจำส่วนนี้ คือ ทำอย่างไร (how does it work ?)

ส่วนที่ 4 คือ บูรณาการประสบการณ์และประยุกต์ใช้ (integrating application and experience) คำถามที่เป็นคำถามนำกิจกรรมประจำสัปดาห์นี้ คือ ถ้า (if ?)



ภาพที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ส่วน (4 MAT) (ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และ ไพเราะ พุ่มมัน, 2542, หน้า 14)

เมื่อนำแนวความคิดการจัดการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองการใช้สมองซีกซ้ายและซีกขวามาเป็นหลักพิจารณาประกอบ ทำให้การวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอนแบ่งย่อยออกเป็น 8 ขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้อาจจัดกิจกรรมได้อย่างหลากหลายและยืดหยุ่น ตอบสนองการพัฒนาศักยภาพทุกด้านของผู้เรียนซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างเต็มที่

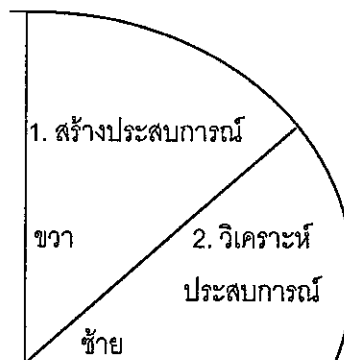


ภาพที่ 4 การแบ่งขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เป็น 8 ส่วน ตามบทบาทของสมองสองซีก (ศักดิ์ชัย นิรัญทวี และ ไพเราะ พุ่มมัน, 2542, หน้า 14)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4 MAT แมกคาธี (McCarthy, 1990, pp. 194 –195) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ โดยใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา มีขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการสอน 8 ขั้นตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 บุรณาการณ์ประสบการณ์เข้ากับตนเอง (why)

ประสบการณ์ตรง



การสังเกต / ไตร่ตรอง

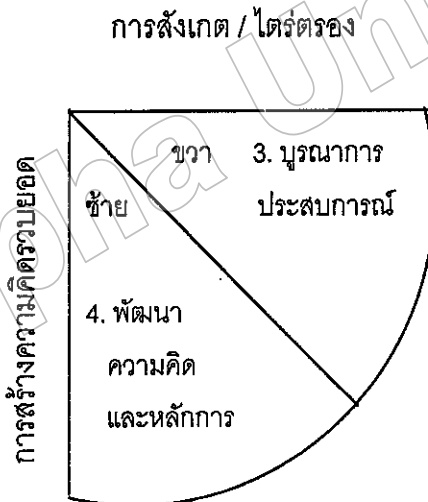
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสอนแบบ 4 MAT ส่วนที่ 1

ในส่วนที่ 1 เป็นช่วงที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้ประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์รูปรวมไปสู่การสังเกตอย่างไตร่ตรอง ครูต้องจัดบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ อยากรู้ อยากเห็น มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และแนะนำให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์ใหม่อย่างมีเหตุผล และมีความหมายด้วยตนเอง

ขั้นที่ 1 สร้างประสบการณ์ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกขวา ครูผู้สอนสร้างประสบการณ์เพื่อเชื่อมโยงความรู้ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของเนื้อหาที่เรียนและสร้างความหมายด้วยตนเอง โดยครูจัดกิจกรรมที่กระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเรื่องที่เรียน เช่น การใช้กิจกรรมเกม การตั้งคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนคิด การสร้างมโนภาพหรือจินตนาการ

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ประสบการณ์ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้าย ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ คิดไตร่ตรองหาเหตุผลจากประสบการณ์ในขั้นที่ 1 โดยครูจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้อภิปราย อธิบาย ให้เหตุผลตามความคิดเห็นของผู้เรียน

ส่วนที่ 2 สร้างความคิดรวบยอด (what)



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสอนแบบ 4 MAT ส่วนที่ 2

ในส่วนที่ 2 ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้โดยการสังเกตรับรู้ข้อมูลอย่างไตร่ตรองมาสู่การสร้างความคิดรวบยอด ครูต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด ฝึกให้ผู้เรียนคิดพิจารณาไตร่ตรอง เพื่อให้ผู้เรียนที่สามารถเรียนรู้ได้ดีจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมมาเป็นผู้เรียนที่เรียนรู้ได้ดีในสิ่งที่

เป็นนามธรรม การจัดกิจกรรมในส่วนนี้ผู้เรียนจะได้รับความรู้ มีความเข้าใจหลักการ ทฤษฎี จากการได้ฝึกคิดและฝึกทักษะในการค้นคว้าหาความรู้

ขั้นที่ 3 บุรณาการประสบการณ์ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกขวา โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รวบรวมประสบการณ์ ความรู้ และสามารถวิเคราะห์ไตร่ตรองความรู้ที่ได้รับเหล่านั้นให้เกิดเป็นความเข้าใจแล้วสร้างความคิดรวบยอดเป็นของตนเองพร้อมที่จะเรียนรู้ขั้นต่อไปได้ ครูผู้สอนจัดกิจกรรมโดยเป็นผู้ให้ข้อมูล หรือการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 พัฒนาการคิดและหลักการ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้าย โดยนำเอาประสบการณ์และความรู้มาวิเคราะห์ไตร่ตรองอย่างละเอียด และนำมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาเรื่องที่จะเรียน โดยครูอาจให้รายละเอียดของข้อมูลหรือให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล ลงมือปฏิบัติตามหลักการทฤษฎี เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ จนสามารถสร้างความคิดรวบยอดของเรื่องที่เรียนได้ถูกต้อง

ส่วนที่ 3 ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ตามลักษณะเฉพาะตัว (how)



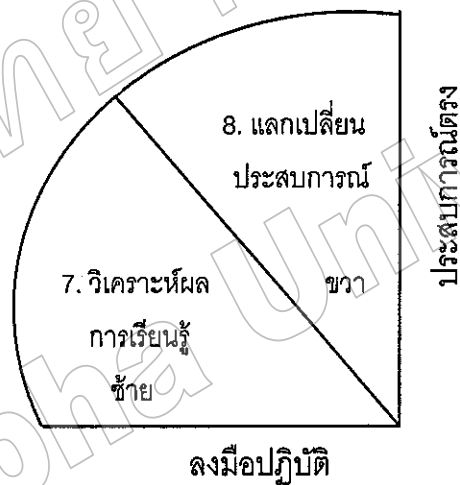
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสอนแบบ 4 MAT ส่วนที่ 3

ในส่วนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้เกิดจากการสร้างความคิดรวบยอดสู่การลงมือปฏิบัติตามความคิดของผู้เรียน บทบาทของครูในช่วงนี้คือเป็นผู้ให้คำแนะนำ (coach) หรืออำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะเป็นผู้ริเริ่มคิดกิจกรรมเพื่อลงมือปฏิบัติตามความสนใจ ความถนัดตามรูปแบบของตนเอง

ขั้นที่ 5 ลงมือปฏิบัติตามหลักการ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายเช่นเดียวกับขั้นที่ 4 โดยอาศัยความคิดรวบยอด หลักการหรือแนวคิดทฤษฎี ซึ่งเป็นนามธรรมที่ได้จากการเรียนรู้ในส่วนที่ 2 มาฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการทำตามใบงาน แบบฝึกหัดในแบบเรียนหรือคู่มือครู การทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือการทำตามขั้นตอนที่กำหนดหรือสรุปไว้ในขั้นที่ 4 เพื่อพัฒนาความรู้ความคิดและฝึกทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ในส่วนที่ 2

ขั้นที่ 6 สร้างสรรค์ผลงาน เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกขวา ผู้เรียนจะเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติค้นคว้า แก้ปัญหาสร้างสรรค์ผลงานออกมาเป็นรูปธรรมในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่สนใจ หรือตามวิธีที่ผู้เรียนคิดว่าเหมาะสมแก่ตนเองมากที่สุด เพื่อให้สามารถสร้างหรือค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ส่วนที่ 4 บูรณาการประสบการณ์และประยุกต์ใช้ (If)



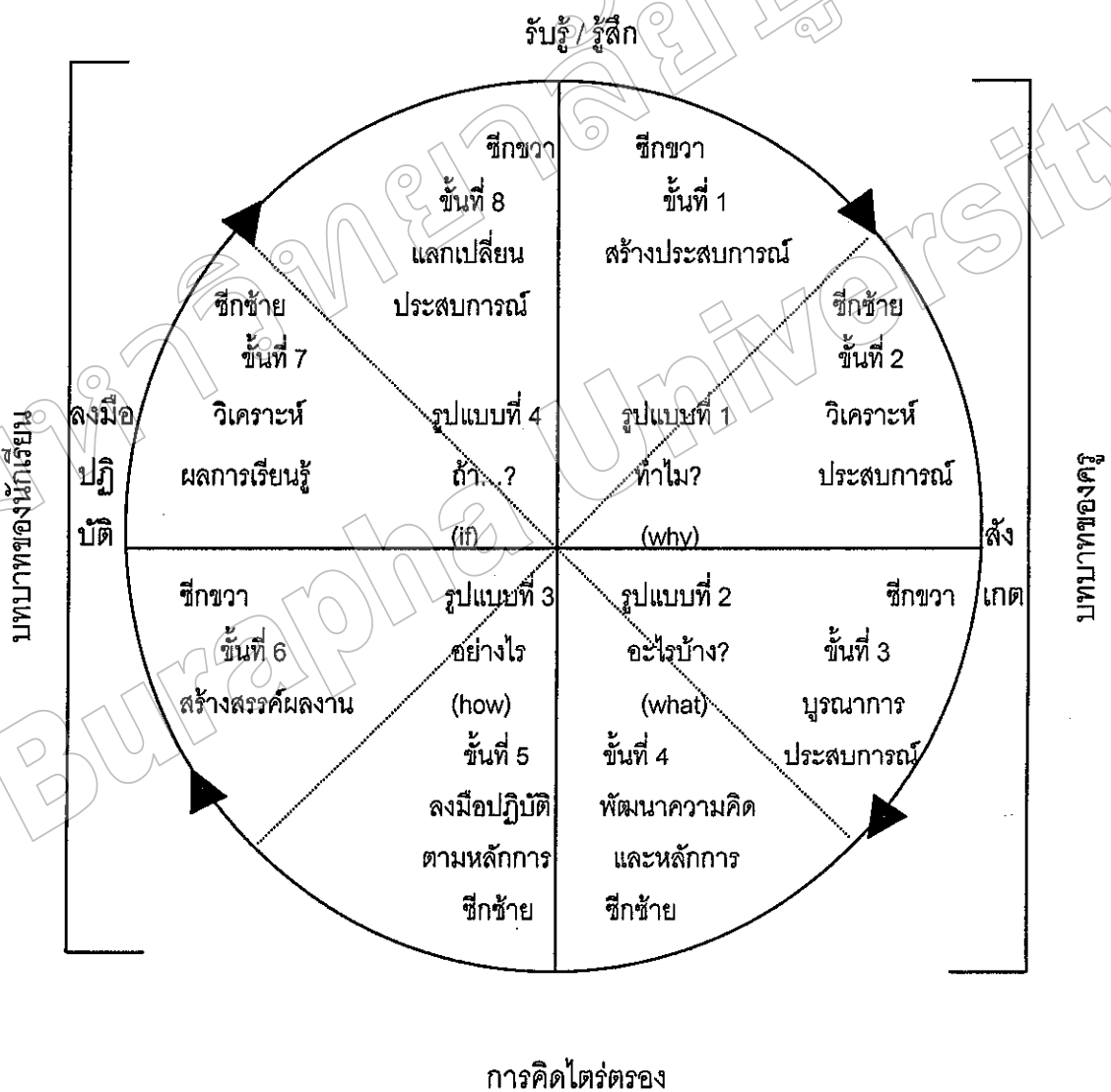
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการแสดงแบบ 4 MAT ส่วนที่ 4

ในส่วนที่ 4 การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองไปสู่ประสบการณ์ตรงจนเกิดเป็นความรู้สึกรับรู้สาระต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์และสร้างสรรค์ ครูมีบทบาทเป็นผู้ประเมินผลงานของนักเรียน ผู้ซ่อมเสริมรวมทั้งเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ตนเอง

ขั้นที่ 7 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้าย เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้นำสิ่งที่เรียนรู้มาวิเคราะห์หาสิ่งต่าง ๆ หรือผลงานที่ได้วางแผนและจัดกระทำนั้นมีความถูกต้องเหมาะสมดีแล้วหรือไม่ สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองและผู้อื่นได้อย่างไร ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ชิ้นงานของตนเอง และประยุกต์ความรู้ที่ได้

จากการเรียนรู้ไปใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ หรือนำผลงานของตนเองนำเสนอภายในกลุ่มเพื่อให้เพื่อน ๆ
วิจารณ์ ตีขมเชิงสร้างสรรค์

ขั้นที่ 8 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกขวา เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความคิดของตนเอง และแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการค้นคว้า ลงมือปฏิบัติกับผู้เรียนคนอื่น ๆ ผู้เรียนสามารถคัดค้านความรู้ จากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเพื่อนในชั้นเรียนและสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางและหลากหลายเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์



ภาพที่ 9 วงจรการเรียนรู้ 8 ขั้นตอนของการสอนแบบ 4 MAT กับเทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา (McCarthy, 1990, p. 200)

ข้อคิดสำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT แมกคาธี (McCarthy, 1990, p. 186 อ้างถึงใน ตรูเนตร อัครสวัสดิ์, 2542, หน้า 29) ได้สรุปไว้ดังนี้

1. ไม่มีรูปแบบการเรียนรู้ใดดีที่สุด เพราะมันเพียงแต่ไม่เหมือนกันเท่านั้น
2. ไม่มีรูปแบบการเรียนรู้ใด ๆ ทำให้นักเรียนรูปแบบต่าง ๆ มีจำนวนมากที่สุด
3. ควรรวบรวมผลการวิจัย และทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้กับการวิจัย สมรรถภาพสมองเพื่อนำมาพัฒนาการเรียนการสอน
4. ต้องสอนกระบวนการคิดกับความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการคิดต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และจัดอันดับความสำคัญก่อนหลังได้ถูกต้อง
5. ควรมีการพัฒนาโครงการพัฒนาคุณภาพครูอย่างต่อเนื่อง
6. หน้าที่สำคัญของครูคือทำให้ผู้เรียนสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และมีความสุขในการเรียนรู้

ประโยชน์ของการสอนแบบ 4 MAT แมกคาธี (McCarthy, 1990, p. 9 อ้างถึงใน ตรูเนตร อัครสวัสดิ์, 2542, หน้า 29) ได้กล่าวไว้ว่า ครูที่ดีจะสามารถนำการสอนแบบ 4 MAT ไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. สามารถปลูกฝังความรักซึ่งกันและกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยากให้เป็นของง่ายได้
3. ช่วยให้นักเรียนมั่นใจในตนเองว่าสิ่งที่เป็นไปได้ย่อมเป็นไปได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ในโลกของเราได้
4. ทำให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน เพราะครูต้องสอนให้นักเรียนรู้จักยกย่องคุณงามความดีและช่วยผสมผสานสิ่งทั้งปวงที่อยู่ในปัจจุบัน อดีตและอนาคตให้เข้ากันได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4 MAT

1. งานวิจัยในประเทศ ตรูเนตร อัครสวัสดิ์ (2542, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรม 4 MAT และการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้กิจกรรม 4 MAT และการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สิริวรรณ ตะรุสานนท์ (2542, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดย

การจัดกิจกรรมการสอนแบบ 4 MAT กับการจัดกิจกรรมการสอนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาและความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ของนักเรียนที่เรียนโดยจัดกิจกรรมการสอนแบบ 4 MAT กับนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการสอนแบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. งานวิจัยต่างประเทศ โบเวอร์ (Bower, 1987, abstract) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบระบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 54 คน จาก 3 โรงเรียนในรัฐแคลิฟอร์เนีย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการสอนแบบระบบ 4 MAT และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยใช้หนังสือเรียนที่เน้นการทำกิจกรรมที่ใช้สมองซีกซ้ายเท่านั้น ทั้งสองกลุ่มได้รับการสอนเรื่องกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสามารถตอบคำถามที่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

แอปเพิล (Appell, 1991, abstract) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบระบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนดนตรีของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 154 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 67 คน จัดการเรียนการสอนแบบระบบ 4 MAT โดยใช้ครู 4 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 87 คน จัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบเรียน โดยใช้ครู 4 คนเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบระบบ 4 MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วอน (Vaughn, 1991, abstract) ได้ศึกษาผลจากการสอนแบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษ โดยทำการเปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติตามพื้นฐานของบลูม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย มีจำนวน 99 คน ทำการแบ่งโดยใช้ระบบของโรงเรียนที่ทำการศึกษ ทำการสอนโดยครูที่ผ่านการฝึกหัดการจัดการศึกษาเด็กที่มีความสามารถพิเศษและการสอนแบบ 4 MAT ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนด้านระดับความสามารถในการคิดและความคิดสร้างสรรค์ พบว่ากลุ่มที่จัดการสอนแบบ 4 MAT สูงกว่ากลุ่มที่จัดการสอนแบบปกติ และจากการสัมภาษณ์ครูและนักเรียน พบว่าครูส่วนใหญ่ชอบวิธีการสอนแบบปกติมากกว่า และให้ข้อสังเกตว่าการสอนแบบ 4 MAT

สามารถช่วยมุ่งประเด็นการสอนความคิดรวบยอดได้ ส่วนนักเรียนพบว่ามีความชื่นชอบเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในการสอนแบบ 4 MAT

สก๊อต (Scott, 1994, abstract) ได้ศึกษาความสำคัญของรูปแบบการสอน 4 MAT พบว่าจุดเด่นของการสอนแบบ 4 MAT คือการที่ผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ของตนเอง พร้อมกับศึกษาจากรูปแบบการเรียนรู้ของผู้อื่น การทำงานหมุนเวียนของสมองซีกซ้ายและซีกขวาจะช่วยกำหนดรูปแบบและแนวทางเพื่อให้สมองได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการสอนแบบ 4 MAT สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างกว้างขวางทุกระดับชั้น ทั้งในเมืองและนอกเมือง

เออร์ซิน (Ursin, 1995, abstract) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับ 9 ประชากรที่รับการทดสอบคือนักเรียนจากชนบท 48 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมในรัฐคอนเนกติกัต นักเรียนกลุ่มนี้ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกเป็นเวลา 1 ภาคเรียน กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยระบบ 4 MAT กลุ่มควบคุมใช้วิธีการสอนตามหนังสือ ผลการวิจัยปรากฏว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านเจตคติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน

แมดเซน (Madsen, 1996, abstract) ได้ศึกษาการทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญาที่แสดงออกมาของนักเรียนก่อนวัยเรียนในศูนย์เลี้ยงดูนักเรียน การแสดงเชาว์ปัญญาต่าง ๆ (โดยใช้ทฤษฎีสติปัญญา 7 ชั้น ของ Howard Gardner) และการเปรียบเทียบวิธีการเรียนรู้ของแต่ละคน (โดยใช้วิธีการเรียนรู้ของระบบ 4 MAT ที่พัฒนาโดยแมคคาร์ธี) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนจำนวน 12 คน อายุระหว่าง 2-4 ปี ในการวิเคราะห์ได้เก็บข้อมูลระหว่างเวลา 7.15-9.00 น. โดยใช้การบรรยายพฤติกรรม ถ่ายวิดีโอทัศน์ การสังเกตและการสัมภาษณ์ ดำเนินการที่ศูนย์การพัฒนานักเรียนวิทยาลัยชาดรอน (Chadron) ผลการวิจัยปรากฏว่าพฤติกรรมการแสดงออกบุคลิกเฉพาะตัวของนักเรียนก่อนวัยเรียนอย่างน้อย 3 อย่างสามารถนำไปใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพส่วนตัวกับรูปแบบการเรียนรู้ของตน

แมกคาร์ธี (McCarthy, 1997, pp. 46-51) ได้ศึกษาผู้เรียน 4 แบบกับระบบ 4 MAT ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในห้องเรียน ในขณะเดียวกันนักเรียนก็สามารถพัฒนาความรู้ได้ครบถ้วนตามวงจรการศึกษา ผู้เรียนสามารถทำให้เกิดผลโดยเป็นไปตามวัฏจักร

ธรรมชาติ จากความรู้สึกไปถึงผลสะท้อนกลับมาให้คิดวิเคราะห์ ในที่สุดแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม โดยครูไม่แบ่งผู้เรียนเป็นประเภทต่าง ๆ แต่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสมดุลและมีความพร้อมสมบูรณ์ ผลการวิจัยปรากฏว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมที่แสดงถึงความคิดวิเคราะห์

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสอนแบบ 4 MAT ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าได้มีการนำเอาการสอนแบบ 4 MAT มาพัฒนาการสอนทุกระดับการศึกษา ซึ่งผลการวิจัยส่วนใหญ่ดังกล่าวพบว่า สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีสอนที่ตอบสนองต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาให้ทำงานอย่างสมดุล เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้เต็มความสามารถ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตนเองและยอมรับผู้อื่น มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล อันเป็นแนวทางไปสู่การคิดสร้างสรรค์ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการสอนแบบ 4 MAT เพื่อนำมาพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมองกับการเรียนรู้ของมนุษย์

เนื่องจากการสอนแบบ 4 MAT อิงอาศัยความรู้และแนวคิดเกี่ยวกับสมองกับการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยเฉพาะเทคนิคของการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเด็นดังกล่าวเป็นเบื้องต้นซึ่งมีข้อสรุปดังต่อไปนี้

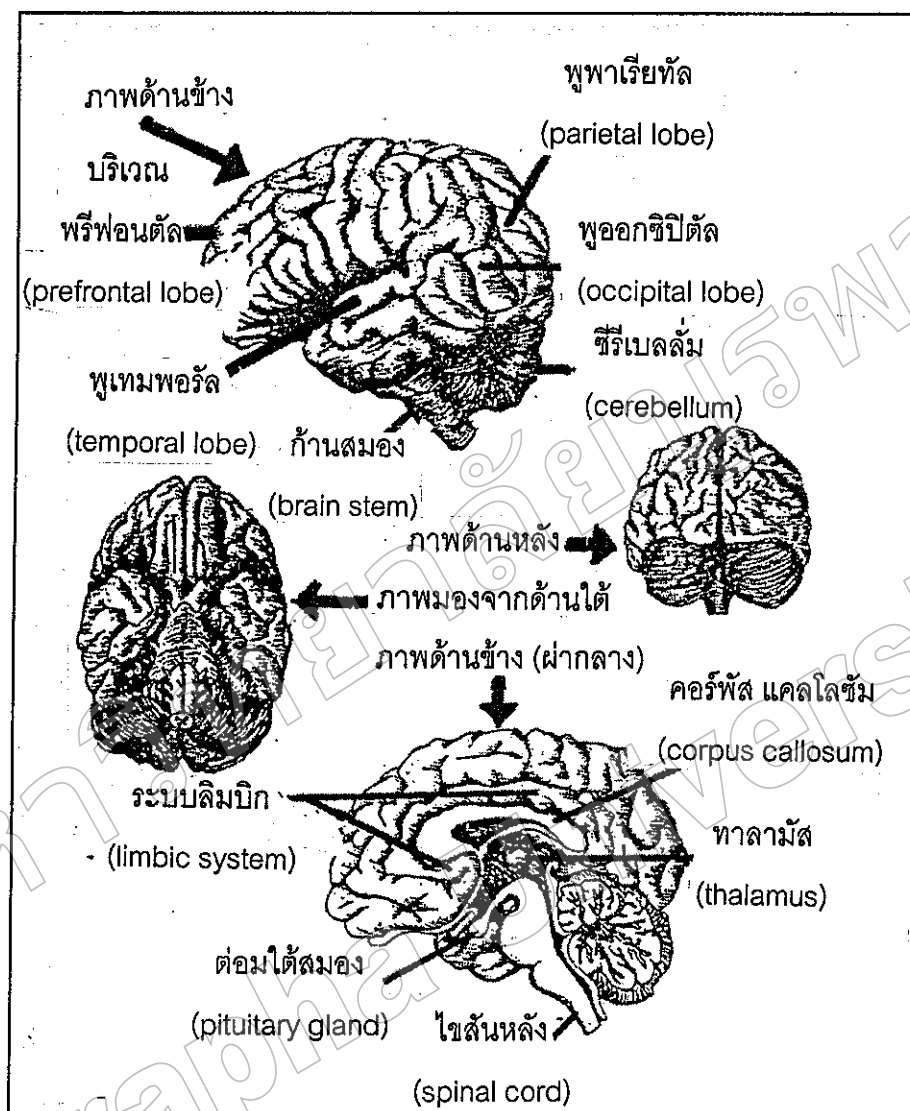
ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมองมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวของมนุษย์ที่เติบโตเต็มวัย (adult) ส่วนที่เป็นสมองจะมีน้ำหนักคิดเป็นประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักตัว (หรือประมาณ 3 ปอนด์) เมื่อแรกคลอดสมองของทารกจะหนักประมาณ 1 ปอนด์ และจะเพิ่มขึ้นอีก 1 ปอนด์ในช่วง 1 ขวบแรก จากนั้นจนถึงอายุประมาณ 16 ปี น้ำหนักของสมองจึงจะเพิ่มเป็น 3 ปอนด์ สมองส่วนที่เพิ่มขึ้นหลังคลอดนี้ส่วนใหญ่ได้เพิ่มขึ้นที่สมองส่วนหน้า (prefrontal lobe) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการคิดระดับสูงและการจินตนาการแต่จะเพิ่มขึ้นที่สมองส่วนท้ายทอย (cerebellum) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2538, หน้า 15-18)

สมองสามชั้นและสองซีก (the triune brain and the two hemispheres) เพื่อประโยชน์ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสมองสามชั้นและสองซีก ขอแนะนำให้พิจารณาหุ่นจำลอง (model) ของสมองที่สร้างขึ้นโดยใช้มือทั้งสองข้างประกบกันในลักษณะกำหนดหลวม ๆ ให้นิ้วหัวแม่มือโผล่ออกมาข้างนอก ส่วนนิ้วที่เหลืออีก 4 คู่ ประกบกันนิ้วต่อกัน อกพับอยู่ด้านใน ตั้งกำมือนิ้วในลักษณะดังกล่าวให้สันหมัดอยู่ด้านบน

1. สมองสามชั้น (the triune brain) สมองชั้นแรก คือ ส่วนที่เทียบเคียงได้กับส่วนของข้อมือ และส่วนของข้อมือต่อกัน ส่วนนี้เป็นชุมทางของระบบประสาทซึ่งควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและทำให้ร่างกายอยู่ในอาการตื่นตัว (awake and alert) และทำงานได้ในสภาวะจิตสำนึก (consciousness) สมองส่วนนี้จัดเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของสมองทั้งสามชั้น และกล่าวได้ว่าเป็นสมองแห่งอาการเคลื่อนไหว

สมองชั้นที่สอง คือ ส่วนที่เทียบเคียงได้กับส่วนของฝ่ามือซึ่งอยู่บริเวณส่วนกลาง ที่สมองชั้นนี้จะมีการหลั่งของสารเมือกเหลว (cerebrospinal fluid) อันเป็นปรากฏการณ์ทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลเกิดความตึงเครียดทางอารมณ์ ในสภาวะดังกล่าวการคิดในระดับสูงและการจินตนาการ (ซึ่งเกิดขึ้นที่สมองชั้นนอก) จะถูกสกัดกั้น แต่การจำ (memory) จะไม่ได้รับผลกระทบ แต่ประการใด นอกจากนี้สมองชั้นกลางนี้ยังเกี่ยวข้องกับความรู้สึกวิตกกังวล (anxiety) ความรู้สึกอ่อนไหว (sensimentality) และช่วงแห่งความสนใจ (attention span) อีกด้วย โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่า สมองชั้นที่สองนี้เป็นสมองแห่งอารมณ์

สมองชั้นที่สามหรือสมองชั้นนอก สมองส่วนนี้แยกได้เป็นสองส่วนย่อย ๆ คือ ส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex) หรือสมองส่วนหน้า (cerebrum) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มสมองสองชั้นแรก (ส่วนนี้เทียบเคียงได้กับส่วนที่เป็นนิ้วมือ 4 คู่ที่พับเข้าหากัน) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคิดระดับสูง การตัดสินใจและการจัดการข้อมูลข่าวสาร (information) ในลักษณะการนำเข้า (reception) การจัดเก็บ (storage) และการดึงออกมาใช้ (retrieval) ส่วนหนึ่งกับส่วนของนีโอคอร์เทกซ์ (neocortex) หรือสมองกระเปาะหน้า (prefrontal cortex) (ซึ่งเทียบเคียงได้กับส่วนที่เป็นหัวแม่มือทั้งสอง) สมองส่วนนี้ทำงานเกี่ยวกับการวางแผน (planning) การเข้าใจที่ทะลุปรุโปร่ง (insight) การเห็นความสำคัญ (emphaty) การใคร่ครวญ (introspection) และการหยั่งรู้ (intuitive thought) รวมทั้งการทรงความสนใจ (firming up intention) และการควบคุมพฤติกรรมที่ซับซ้อน (regulating complex behaviors) อาจกล่าวโดยภาพรวมได้ว่าสมองชั้นที่สามนี้เป็นสมองเพื่อการคิดอ่านระดับสูงและจินตนาการอันเป็นความสามารถที่เชื่อกันว่ามีอยู่เฉพาะในมนุษย์เท่านั้น



ภาพที่ 10 แสดงโครงสร้างของสมอง (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2538, หน้า 17)

2. สมองสองซีก (the two hemispheres) สมองของมนุษย์ในส่วนซีรีบรัล คอร์เทกซ์ (cerebral cortex) มีลักษณะที่อาจแยกได้เป็นสองซีก (two hemispheres) ซึ่งมีลักษณะไม่สมมาตร (assymetry) กันโดยมีใย (fibrus) ที่เรียกว่า คอร์พัส แคลโลซัม (corpus callosum) เชื่อมต่อกันอยู่ สมองซีกขวาควบคุมการทำงานของร่างกายด้านซ้าย และสมองซีกซ้ายควบคุมการทำงานของร่างกายด้านขวาสมองทั้งสองซีกนี้ถึงแม้ว่าจะทำงานในลักษณะสอดคล้องประสานกัน แต่ก็ทำหน้าที่แตกต่างกัน กล่าวคือ สมองซีกซ้ายทำงานเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงเหตุผล (analytical and rational thinking) ในขณะที่สมองซีกขวาทำหน้าที่เกี่ยวกับการคิดอย่างยืดหยุ่นและกลมกลืน (holistic) การคิดอุปมา (metaphoric) และความคิดความเข้าใจเชิงสเปซ (spatial)

นอกจากนี้ยังพบว่าสมองซีกซ้ายทำงานได้ดีในกิจกรรมที่มีการแสดงออก (active articulation) ในขณะที่สมองซีกขวาทำงานได้ดีในสภาพ "ใช้ความเข้าใจอย่างไม่โลดโผน" (passive comprehension) และทำงานได้ดีกว่าสมองซีกซ้ายเมื่อมีเวลาจำกัดหรือสิ่งเร้ามีความคลุมเครือหรือชัดเจนไม่พอ (poor)

ความสัมพันธ์ระหว่างสมองซีกซ้ายและซีกขวา สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542, หน้า 75-77) ได้สรุปไว้ว่า สมองซีกซ้ายมีหน้าที่ในการคิดเชิงวิเคราะห์ กล่าวคือศึกษาส่วนย่อยต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นส่วนรวมทั้งหมด กระบวนการคิดของสมองซีกซ้ายเป็นไปทีละขั้นตอนตามลำดับก่อนหลัง และการวิเคราะห์ออกในแนวเส้นตรง (linear) กล่าวคือ วิเคราะห์จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งตามลำดับและสมองซีกซ้ายมีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลทางภาษา

ขณะที่สมองซีกซ้ายทำงานโดยการแยกแยะส่วนย่อยไปทีละส่วนอย่างมีระบบ สมองซีกขวาก็จะเชี่ยวชาญในการมองภาพรวมทั้งหมด กล่าวคือ ดึงส่วนย่อยต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อประกอบขึ้นเป็นส่วนรวม ดังนั้น สมองส่วนนี้จึงมีหน้าที่ในการสร้างโครงร่าง โดยการตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นโครงร่างนั้น ขณะที่สมองซีกซ้ายวิเคราะห์จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งในแนวเส้นตรง สมองซีกขวาก็จะทำงานหรือวิเคราะห์ทุก ๆ จุดพร้อมกันหรือคู่ขนานกันไป ดังนั้นสมองซีกขวาก็มีประสิทธิภาพสูงในการมองเห็น (visual) และการกระพริบในการสร้างภาพรวม (spatial) และมีความสามารถจำกัดในเรื่องภาษา

สมองซีกขวาคควรได้รับการพัฒนามาตั้งแต่เด็ก ๆ มิใช่มาพัฒนากันตอนโตเป็นผู้ใหญ่แล้ว การจัดการศึกษาสำหรับเด็ก ๆ ในยุคปัจจุบัน หลักสูตรให้ความสำคัญต่อสมองซีกขวา เช่น ศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ การละคร แต่มีอัตราส่วนน้อย เมื่อไปเปรียบกับการมุ่งเสริมสมองซีกซ้าย อย่างเช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เราจะมีชีวิตอยู่อย่างมีความสุขหรือไม่ ถ้าเราพยายามมองสิ่งต่าง ๆ ในเชิงวิเคราะห์ (แยกแยะ) ไปเสียหมด โดยไม่มองในเชิงสังเคราะห์ (มองรวม) เลย หรือบางครั้งก็มีความถามว่า ถ้าการดำเนินชีวิตของเราใช้แต่การใช้เหตุผลหรือข้อเท็จจริงอยู่ตลอดเวลา โดยไม่ให้ความสำคัญต่อความรู้สึกใด ๆ เราจะมีสุขได้หรือไม่

การเรียนรู้และการตอบสนองของสมองซีกขวา เป็นเรื่องเกี่ยวกับประสาทสัมผัสโดยตรง ซึ่งเด็กแต่แรกเกิดจนถึงวัยประถมศึกษาจะเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ทั้งสิ้น กิจกรรมที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเด็กมากที่สุดอย่างหนึ่งก็คือ กิจกรรมศิลปะ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นพัฒนาการของสมองซีกขวาในอัตราส่วนที่สูงมาก ในขณะที่การพัฒนาสมองซีกซ้ายก็ยังคงมีอยู่บ้างแต่น้อยกว่า เช่น การปฏิบัติงานอย่างมีขั้นตอน บทบาทโดดเด่นของสมองซีกขวา คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการซึ่ง กิจกรรมศิลปะจะช่วยส่งเสริมได้อย่างดียิ่ง

แม้หน้าที่การทำงานของสมอง 2 ซีกจะมีความแตกต่างกัน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า สมองแต่ละซีกแบ่งแยกกันทำหน้าที่โดยไม่สามารถประสานสัมพันธ์กันในการทำงาน ในทางตรงกันข้ามถ้าสมองทั้ง 2 ซีกทำงานส่งเสริมซึ่งกันและกัน มนุษย์จะมีทั้งความยืดหยุ่นและพลังในการฝึกสูง

ถ้าสมองทั้ง 2 ซีกทำงานอย่างเต็มที่ไปพร้อมกันเราจะได้ข้อมูลอย่างกว้างขวางเพื่อการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ ศึกษาทั้งส่วนย่อยและภาพรวม บุคคลจึงควรได้รับการฝึกให้คิดโดยใช้สมองทั้ง 2 ซีก เพื่อความเข้าใจอย่างสมบูรณ์และมีความยืดหยุ่นในการคิด ข้อมูลจากการวิจัยใหม่เชื่อว่า การที่เราสามารถใช้สมองทั้งสองข้างในการเรียนรู้จะได้ผลดีกว่าใช้สมองเพียงข้างใดข้างหนึ่ง ผู้สอนควรทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนใช้สมองแต่ละข้างไม่เหมือนกัน ดังนั้นเทคนิคที่ใช้ในการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ จะต้องขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้สมองด้านใดด้านหนึ่งในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน เช่น ผู้เรียนที่ใช้สมองด้านขวามาก การเรียนรู้หรือให้ข้อมูลจะต้องเป็นภาพรวมใหญ่ ๆ แล้วค่อยใส่รายละเอียดภายหลัง ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดี ถ้าใช้อารมณ์ การวาดรูป การจินตนาการเข้ามามีส่วนช่วย

ดังนั้นการพัฒนาสมองควรจะพัฒนาสมองทั้งซ้ายและขวาไปเท่า ๆ กัน เพื่อให้เกิดความสมดุล และการผสมผสานกัน ทำให้เราได้มนุษย์ที่สมบูรณ์แบบ

สมองซีกซ้าย	สมองซีกขวา
กระบวนการทางสมอง	
เหตุผล	อารมณ์
การกระเษะแนวนอน	มิติสัมพันธ์
ให้คำตอบถูกที่สุดคำตอบเดียว	ความคิดสร้างสรรค์
แนวคิดของโลกตะวันตก	แนวคิดแบบโลกตะวันออก
การรับรู้	
รับรู้เป็นบางส่วน	รับรู้ภาพรวม
การวิเคราะห์ภาษา	ทันทีทันใด
มีลำดับก่อน-หลัง	ความรู้สึก-สัมผัส
ด้านวิชาการ	
มีแบบแผนแน่นอน	อิสระ
การบรรยายการอ่าน	สัญญาตญาณและอภิปรัชญา
เหตุผลเชิงอรรถ	ศิลปะ สุนทรียภาพ
วิทยาศาสตร์การคำนวณ	
ด้านสังคม	
จำชื่อคน / สิ่งของได้ดี	ประสบการณ์
วางแผนล่วงหน้า	ทันทีทันใด / ปัจจุบัน
คำสั่งที่เป็นข้อความ	คิดเป็นรูปภาพ
มีการใช้ภาษาร่วมกัน	การมองและมิติสัมพันธ์
ด้านอารมณ์และจิตใจ	
ภาษา	ด้านสายตา
ความเข้าใจความหมายของบทเพลง	ดนตรี / เพลงบรรเลง
มีเหตุผล / คิดเป็นคำพูด / สถิติปัญญา	ความคิดเหนือธรรมชาติ

ภาพที่ 11 ตารางความถนัดของสมองซีกซ้าย – ซีกขวา (พัชรวิทย์ เกตุแก่นจันทร์, 2540, หน้า 14)

ความแตกต่างระหว่างเพศกับการทำงานของสมอง (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2538, หน้า 18–20)

1. ความแตกต่างเกี่ยวกับการทำงานของสมองสองซีก เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของสมองแต่ละซีกระหว่าง เพศชาย กับเพศหญิง พบว่าเพศชายกับเพศหญิงมีความสามารถแตกต่างกันในประเด็นต่าง ๆ กล่าวคือ โดยภาพรวม เพศชายมีความสามารถของสมองซีกขวาสูงกว่าเพศหญิง ในขณะที่เพศหญิงมีความสามารถของสมองซีกซ้ายสูงกว่าเพศชาย ในส่วนของพัฒนาการก็พบว่าเพศหญิงมีการเจริญเติบโต (maturation) ของสมองซีกซ้ายดีกว่าเพศชาย และเมื่ออายุประมาณ 4 ขวบ เพศชายจะเริ่มมีความสามารถในเรื่องความเข้าใจเกี่ยวกับสเปส (spatial function) สูงกว่าเพศหญิงและจะสูงกว่าเรื่อยไปจนถึงวัยกลางคน

2. ความแตกต่างเกี่ยวกับความสามารถของสมองในกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของสมองในกิจกรรมต่าง ๆ พบว่าเพศชายกับเพศหญิงมีความแตกต่างในรายละเอียดต่าง ๆ หลายประการ ดังข้อสรุปต่อไปนี้

2.1 ความสามารถที่เพศชายเหนือกว่าเพศหญิง

2.1.1 การใช้แผนที่ และการแก้ปัญหาที่สับสนซับซ้อน (mazes)

2.1.2 ทักษะเกี่ยวกับสเปส (spatial) ในเรื่องการเรียนรู้ ความตื้นลึกของภาพบนผิวแบน เช่น ภาพสามมิติบนแผ่นกระดาษ

2.1.3 การมองเห็นในที่สว่าง

2.1.4 การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใหญ่ (ความแข็งแรงกำยำของร่างกาย)

2.1.5 พฤติกรรมการสืบค้นสำรวจ

2.1.6 การคิดแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ (โดยเฉพาะเรขาคณิตและตรีโกณมิติ)

2.1.7 การสังเกตวัตถุ (หรือสิ่งเร้า)

2.1.8 การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ (logic) และเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical)

2.1.9 การนำหลักการมาปฏิบัติจริงได้อย่างชัดเจน (master)

2.1.10 ความเป็นอิสระจากข้อกำหนดหรือเงื่อนไข

2.2 ความสามารถที่เพศหญิงเหนือกว่าเพศชาย

2.2.1 การรับรู้รายละเอียดจากการดูด้วยตา

2.2.2 การจำน้ำเสียงและใบหน้าคน

2.2.3 การอ่านหนังสือด้วยความเพลิดเพลินและมีความสุข

2.2.4 การมองเห็นในที่มืด

2.2.5 การรับรู้ข้อมูลที่กลั่นกรองแล้ว (subliminal messages)

2.2.6 ความคล่องแคล่วในการพูด การใช้ภาษา (ไวยากรณ์) และลีลาในการอ่าน

2.2.7 ความไวในการรับรู้กลิ่น รส กายสัมผัส และความเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
เสียง เช่น เสียงดนตรี

2.2.8 งานการฝีมือ และการทำงานของกล้ามเนื้อละเอียด

2.2.9 ความไวในการจัดการ (เชิงกระบวนการ) กับข้อมูล

2.2.10 ความใส่ใจและเอาใจใส่ต่อผู้คน

ข้อสังเกต และข้อวิจารณ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากศักยภาพของสมอง
สืบเนื่องจากเรื่องราวเกี่ยวกับศักยภาพของสมองดังกล่าวมา มีข้อสังเกตและข้อวิจารณ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากศักยภาพของสมองอยู่หลายประการ ที่สมควรนำมากล่าวถึงมีดังต่อไปนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2538, หน้า 20-21)

1. มนุษย์ใช้ประโยชน์จากศักยภาพอันลุ่มลึกและหลากหลายของสมองน้อยมาก กล่าวคือนำมาใช้เพียงประมาณร้อยละ 1 และปล่อยให้อีกร้อยละ 99 สูญเสียไป
2. สมองกระเปาะหน้า (forebrain) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคาดการณ์หรือมองการณ์ไกล (foresight) การหยั่งรู้หรือการเข้าใจอย่างทะลุปรุโปร่ง (insight) การจินตนาการเชิงอนาคต (imaging about the future) การบูรณาการสมองสองซีกเพื่อการคิดสร้างสรรค์
3. สมองซีกซ้าย และซีกขวาทำงานในลักษณะกำกับกันเองได้ด้วย กล่าวคือ สมองซีกซ้ายกำกับสมองซีกขวาไม่ให้ "มีอารมณ์" เอาล้นเกินพอดี (overwhelming with emotions)
4. บุคคลที่ใช้สมองทั้งสองซีก จะมีความสามารถในการพยากรณ์ดีกว่า (better predictor) บุคคลที่ใช้สมองเพียงซีกเดียว เมื่อบุคคลใช้สมองซีกขวามากขึ้นจะยอมรับนับถือตนเอง (self-esteem) มากขึ้น โดยเฉพาะในกรณีของนักเรียน จะเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้อย่างกว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น
5. ผู้บริหารระดับสูง (top executives) ใช้สมองซีกขวาในประกอบภารกิจเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่นักวิชาการ (academicians) มักใช้สมองซีกซ้าย
6. นักวิทยาศาสตร์ และนักประดิษฐ์ที่มีชื่อเสียง เช่น อาร์คิมิดีส (Archimedes), ดาร์วิน (Charles Darwin), ฟาราเดย์ (Faraday), ไอน์สไตน์ (Einstein), กูเตนเบิร์ก (Gutenberg) ฯลฯ ได้รับการฝึกฝนให้ใช้สมองซีกขวาและซีกซ้ายควบคู่กันมาโดยตลอด
7. โดยภาพรวมหลักสูตรและระบบการเรียนการสอนในปัจจุบันเน้นการใช้สมองทั้งสองซีกอย่างบูรณาการกันมีน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย

8. การสอนตามแนวสืบเสาะ (inquiry approach) ซึ่งประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) เน้นการใช้กิจกรรมของสมองซีกซ้ายเป็นสำคัญ

ระบบการเรียนรู้ของสมอง การเรียนรู้ของสมองแบ่งออกได้เป็น 5 ระบบ (Given, 2000 อ้างถึงใน สุรศักดิ์ หลาบมาลา, 2543, หน้า 33-34) แต่ละช่วงเวลาระบบหนึ่งอาจจะมีบทบาทมากกว่าอีกระบบหนึ่ง การทำงานของแต่ละระบบนั้นจะมีผลกระทบต่อระบบอื่น ๆ ด้วย ดังนี้

1. ระบบการเรียนรู้ทางอารมณ์ (emotional learning system) มนุษย์ต้องการการดูแลทางอารมณ์ตั้งแต่เกิด การได้รับการกระทบกระเทือนทางอารมณ์มีผลเสียต่อความเป็นมนุษย์ทั้งหมด คนที่อารมณ์เสียจะไม่สามารถจดจำ ไม่สามารถเอาใจใส่และไม่สามารถทำการตัดสินใจ ความเครียดทำให้คนทำอะไร ๆ ได้ คนที่ไม่มีคนยอมรับและสนับสนุนทางอารมณ์ อาจจะเสาะหาความรู้สึกสบายใจโดยวิธีที่ไม่ถูกต้อง เช่น ใช้สารเสพติด หรือกระทำความโง่งมให้เกิดการระบาย ออกจากอารมณ์และใช้พลังงานคอยระวังตัวกลัวการดูถูก ขาดหน้า ความเปล่าเปลี่ยวหรือถูกทอดทิ้งมากกว่าจะใช้พลังงานของตนไปเรียนรู้และพัฒนาทักษะใหม่

2. ระบบการเรียนรู้ทางสังคม (social learning system) เราเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของเรากับคนอื่น และเข้าใจสิ่งแวดล้อมเราเข้าใจความรู้สึกของคนอื่น และเข้าใจสิ่งแวดล้อมเราเข้าใจความรู้สึกของคนอื่น เรารู้สึกชื่นชอบ ส่งเสริมหรือสนับสนุนความรู้สึกเช่นนั้น ตามแต่ละสถานการณ์การเรียนรู้ทางสังคมมี 2 ระบบย่อย คือ

2.1 ความสัมพันธ์กับเพื่อน (peer relationships) ระบบนี้เริ่มตั้งแต่เกิด พัฒนาความสัมพันธ์แม่ลูก ภายในบริบทของครอบครัว เพื่อน ๆ และชุมชน ความสัมพันธ์กับเพื่อนจะมีอิทธิพลมากเด็กจะรู้สึกสบายใจเมื่ออยู่กับคนที่รู้จัก ชอบและไว้วางใจ ซึ่งจะทำให้ระดับ oxytocin และ opioid ในสมองเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามากเกินไปอาจจะลดการคบกับคนอื่น ๆ ลงไปได้ ถ้าเด็กไม่สามารถหาความพึงพอใจประเภทนี้ได้ที่บ้านหรือโรงเรียนก็อาจจะหาจากภายนอกบ้าน เช่น เพื่อนและสารเสพติด ซึ่งกระตุ้นสมองให้เกิดสารเคมี 2 ประเภทดังกล่าวแล้วได้

2.2 ความสัมพันธ์กับกลุ่ม (group relationships) เด็กที่เข้าร่วมกับกลุ่มก็เพราะได้รับการยอมรับ ชมเชย และนับถือ แต่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม ดังนั้นกลุ่มหรือชมรมที่มีลักษณะเปิดกว้างและยอมรับทุกคนจะมีความหมายต่อเด็กมาก ถ้าเด็กไม่เป็นที่ยอมรับในโรงเรียน เช่น ผลการเรียนต่ำ ครูไม่ชอบ เพื่อนไม่ยอมรับ อาจจะกระทบต่ออารมณ์ของสัญชาตญาณเดิมซึ่งนำไปสู่ความรุนแรงไม่ชอบโรงเรียนและสังคม และมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ได้ ครูต้อง

จัดการในห้องเรียนโดยให้ผู้เรียนเป็นบุคคลสำคัญ ยอมรับในจุดแข็ง จุดเด่นของนักเรียนทุกคน และช่วยเหลือผู้ด้อยโอกาส จะเป็นการสร้างระบบการเรียนรู้ทางสังคมที่ดีและอบอุ่น

3. ระบบการเรียนรู้ทางร่างกาย (physical learning system) การกีฬา ละคร ศิลปะ นาฏศิลป์ ดนตรี และกิจกรรมต่าง ๆ จะแสดงออกถึงการมีส่วนร่วมและการแก้ปัญหาของเด็กทั้งร่างกายและจิตใจ ซึ่งเชื่อมโยงกับระบบการเรียนรู้ทางร่างกาย เด็กทุกคนต้องการการเรียนรู้ทั้งใช้สมอง จดจำ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และการกระทำด้วยมือ สมองส่วนที่เรียกว่า cerebellum ระบบ vestibular ในช่องหู และเครือข่ายประสาทอื่น ๆ จะนำข้อมูลจากส่วนนี้ไปสู่สมองส่วนที่คิด หรือ neocortex เพราะฉะนั้นครูจะไม่รับรู้ระบบการเรียนรู้ทางร่างกายไม่ได้ เพราะมีอยู่ในสมองแล้วแม้ว่าเด็กนั่งเรียนตัวตรง แต่มือเท้าและร่างกายบางส่วนก็ยังเคลื่อนไหวอยู่นั่นเอง

4. ระบบการเรียนรู้ทางปัญญา (cognitive learning system) เด็กนี้มีความปกติทั้งระบบการเรียนรู้ทางอารมณ์ สังคม และร่างกาย จะเรียนรู้เนื้อหาได้เร็วและง่ายดาย แต่ครูก็มักจะเน้นเฉพาะระบบการเรียนรู้ทางปัญญาหรือทางสมองเท่านั้น ระบบการเรียนรู้ทางปัญญาจะเป็นระบบที่จัดกระทำข้อมูลโดยอาศัยประสาทการรับรู้ กลิ่น รส สัมผัส เห็น ได้ยิน และเคลื่อนไหว ทำให้ผู้เรียนตื่นตัวรับการกระตุ้นจากภายนอกแล้วกรองรับรู้บางรายการแล้วตีความสิ่งที่รับรู้ ดังนั้นบทเรียนที่ใหม่มีการเคลื่อนไหว มีสีสันเป็นที่สนใจ ตรงกับเป้าหมายของเด็ก และมีการแก้ปัญหาในสภาพจริงจะเป็นที่สนใจแก่นักเรียนมากกว่า และเด็กจะมีความเชื่อมั่นในตัวครูด้วย

5. ระบบการเรียนรู้ทางการคิดไตร่ตรอง (reflective learning system) ระบบนี้ประกอบด้วยยุทธศาสตร์การคิด ทักษะคิดเชิงบวกต่อการประเมินตนเอง การคิดทบทวนสิ่งที่เราทำมาแล้ว และความสามารถในการจัดการอารมณ์ของตนเอง การดำเนินงานของระบบซับซ้อนมาก รวมระบบใหญ่และระบบย่อยหลายระบบของสมองเข้าด้วยกัน ตั้งแต่ระบบความจำการสื่อสาร ทั้งจากและไม่ใช่จาก การให้เหตุผล การเอาใจใส่ อารมณ์ สังคม ประสบการณ์ทางร่างกายและประสาทสัมผัส ระบบการคิดไตร่ตรอง ทำให้เราจดจำอดีต มองสู่อนาคต ตระหนักในสภาพปัจจุบัน มองหาความจริง กำหนดแผนกำหนดเป้าหมายที่คาดหวัง และนำพฤติกรรมของเราไปสู่ผลที่เราปรารถนา ระบบนี้ทำให้เราเป็นมนุษย์ที่เหนือกว่าการมีชีวิตอยู่ไปวัน ๆ หนึ่ง

ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนครูต้องคอยดูแลระบบการเรียนรู้ทั้ง 5 ประการให้เป็นปกติไม่กระทบกระเทือนจนเกินไป คือ สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับศิษย์ สนับสนุนการเรียนรู้ที่นักเรียนมีส่วนส่งเสริมมิตรภาพ และการทำงานเป็นทีมในห้องเรียน และฝึกนักเรียนให้วิเคราะห์พฤติกรรมของตน เพื่อปรับพฤติกรรมให้นำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

การปฏิบัติเพื่อเสริมพลังสมอง สำหรับการปฏิบัติเพื่อเสริมพลังสมองในห้องเรียนนั้น ครูอาจจะทำได้ง่าย ๆ ดังนี้ (Jensen, 2000 อ้างถึงใน สุรศักดิ์ หลาบมาลา, 2543, หน้า 34-35)

1. สร้างการไหลเวียนของโลหิต โดยให้นักเรียนออกกำลังกาย เพื่อโลหิตจะไหลเวียนขึ้นไปเลี้ยงสมอง ทำให้สมองมีพลังทำงานต่อไปได้ ลดการเคืองตา ลดการเคล็ดขัดยอกกล้ามเนื้อ และมุ่งความสนใจต่องานได้ดีขึ้น และสำคัญที่สุดสมองจะเรียนตลอดเวลาไม่ได้ ต้องเรียนแล้วพัก แล้วเรียนสลับกันไปถ้าหากครูสอนเพื่อให้จบหลักสูตรอย่างไม่พักสมองเด็กเสียบ้าง จะมีผลเสียต่อเด็กมากกว่าผลดี
2. ไม่ควรให้นักเรียนนั่งนานเกินไป เพราะธรรมชาติสร้างมนุษย์มาในระยะเวลา 400,000 ปีนั้น มนุษย์เดิน นอน เรียนรู้ วิ่ง ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือนั่งยอง ๆ ไม่มีการนั่งเอามือกดอก ตัวตรงมองกระดานดำอยู่แล้ว มนุษย์เพิ่งคิดทำเก้าอี้มาเมื่อ 500 ชั่วโมงเท่านั้นเอง ถ้าเด็กนั่งมาก ๆ จะเป็นการเสี่ยงต่อระบบการหายใจ ปวดหลัง ปวดสะโพก ตามัว และเหนื่อยอ่อน การนั่งนั้นมีความกดดันต่อกระดูกเชิงกรานมากกว่าการยืนถึง 30% นั่งนาน ๆ มีปัญหาต่อความสนใจ และทำให้เกิดความเครียดได้ โต๊ะเขียนหนังสือที่มีพื้นเอียงแบบกระดานเขียนแบบจะดีกว่าแบบราบ แต่เราก็ใช้แบบราบกันมานาน
3. ให้นักเรียนใช้ร่างกายมีส่วนร่วมในการเรียน เช่น เดินวัดขนาดของห้อง ใช้มือแสดงขนาดใหญ่ เล็กหรือกลางของวัตถุ มีการแสดงประกอบบทเรียน เป็นต้น จะทำให้ห้องเรียน สดขึ้นยิ่งขึ้น
4. เปลี่ยนสภาพของชั้นเรียน เช่น หันหน้าชั้นไปทางทิศเหนือ 3-4 วัน ต่อไปหันไปทางทิศใต้หรือทิศอื่นบ้าง หรือจัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่ม ๆ บ้าง เป็นต้น จะทำให้ความรู้สึกความสัมพันธ์ของนักเรียนและห้องเรียนเปลี่ยนแปลงไปเกิดความแปลกใหม่ขึ้นมา
5. สอนสมองซีกซ้ายและขวาให้ทำงานร่วมกันด้วยกิจกรรมแก้เมื่อยง่าย ๆ เช่น ใช้มือซ้ายแตะไหล่ขวา มือขวาแตะไหล่ซ้าย เดินอยู่กับที่ หรือใช้มือซ้ายแตะเข่าขวา มือขวาแตะเข่าซ้าย เป็นต้น
6. ถ้าเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา ควรให้พักยืดเส้นทุก 20 นาที หรือร้องเพลงด้วยก็ได้จะช่วยให้อารมณ์สดชื่น โลหิตไหลเวียน สมองพร้อมจะเรียนมากขึ้น
7. ดนตรีบางชนิดช่วยเสริมความสนใจ ความจำและความคิดสร้างสรรค์ เช่น ดนตรีของโมสาร์ท และเฮนเดิน แต่บางชนิดสร้างความเมื่องให้สมอง เช่น ดนตรีประเภทแสบแก้วหู ซึ่งควรปรึกษาแพทย์ผู้เชี่ยวชาญการจัดดนตรีที่ถูกต้องตอนรับประทานอาหารเช้าวัน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ น่าจะมีประโยชน์ช่วยเสริมพลังสมองได้

8. สมอมนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงอันเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมได้ เช่น เด็กที่เรียนในโรงเรียนที่ดีมีอุปกรณ์สมบูรณ์ หรือเรียนในประเทศที่พัฒนาแล้ว จะทำให้สมองพัฒนาการเรียนรู้ได้ดีกว่าเด็กที่เรียนในโรงเรียนที่ห่างไกลกันดาร สิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนแทบไม่มี สมองจึงได้รับการกระตุ้นให้พัฒนาในวงที่แคบ เพราะฉะนั้น ครูจึงควรสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ทั้งในห้องเรียน บริเวณโรงเรียน และชุมชน ให้เอื้อต่อการพัฒนาสมองของเด็ก สิ่งแวดล้อมในที่นี้หมายถึงคนด้วย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมองกับการเรียนรู้ของมนุษย์ จะเห็นได้ว่าครูผู้สอนสามารถนำพื้นฐานความรู้เรื่องสมองมาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพได้ กล่าวคือครูต้องเข้าใจถึงระบบการเรียนรู้และการทำงานของสมองส่วนบนทั้งซีกซ้ายและซีกขวา แล้วจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับการทำงานของสมองทั้งสองซีก เพื่อกระตุ้นให้สมองทั้งสองซีกทำงานอย่างสอดคล้องประสาน เกิดความสมดุล และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ควรเน้นสมองด้านหนึ่งด้านใดเป็นพิเศษ เช่น เน้นการพัฒนาสมองซีกซ้ายอาจทำให้นักเรียนเป็นคนฉลาดแต่ขาดคุณธรรม ซึ่งสมองซีกขวาทำงานเกี่ยวกับการจินตนาการ คุณธรรม จริยธรรม ดังนั้นผู้เรียนจึงควรได้รับการพัฒนาสมองทั้งสองซีกไปพร้อม ๆ กันอย่างสมดุล อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาเต็มตามศักยภาพของผู้เรียนในที่สุด

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ธรรมชาติของคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญวิชาหนึ่ง มีลักษณะเป็นนามธรรม โครงสร้างของคณิตศาสตร์ประกอบด้วยคำที่เป็นอนิยาม บทนิยาม และสัจพจน์ แล้วพัฒนาเป็นทฤษฎีบทต่าง ๆ โดยอาศัยการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลปราศจากข้อขัดแย้งใด ๆ คณิตศาสตร์เป็นระบบที่มีความคงเส้นคงวามีความเป็นอิสระและมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ซึ่งสามารถสรุปธรรมชาติของคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2539, หน้า 4-6)

1. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอด (concept) ความคิดรวบยอดนี้เป็นการสรุปข้อคิดที่เหมือนกัน อันเกิดจากประสบการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ของสองหมู่ถ้าจับคู่หนึ่งต่อหนึ่งได้พอดี แสดงว่ามีจำนวนเท่ากัน

2. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรม (abstract) เป็นเรื่องของความคิด คำทุกคำประโยคทุกประโยคในวิชาคณิตศาสตร์ว่าด้วยนามธรรมทั้งสิ้น ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เริ่มต้นจากอนิยามที่เป็นนามธรรม เช่น 1 เป็นอนิยามซึ่งเป็นนามธรรม

3. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ใช้สัญลักษณ์ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความคิดเป็นเครื่องมือในการฝึกสมอง ช่วยให้เกิดการกระทำให้การคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การพิสูจน์ เช่น $+$ $-$ $\times$ $\div$

4. คณิตศาสตร์เป็นภาษาอย่างหนึ่ง มีการกำหนดสัญลักษณ์ที่รัดกุม สื่อความหมายได้ถูกต้อง เพื่อแสดงความหมายแทนความคิดเช่นเดียวกับภาษาอื่น ๆ เช่น $5 - 2 = 3$ ทุกคนจะมีความเข้าใจว่าหมายถึงอะไร และจะได้คำตอบเป็นอย่างเดียวกัน

5. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นตรรกศาสตร์ มีการแสดงความเป็นเหตุเป็นผลต่อกันทุกขั้นตอนของความคิดจะเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน มีความสัมพันธ์กัน เช่น เมื่อ $2 \times 3 = 6$ และ $3 \times 2 = 6$ เพราะฉะนั้น $2 \times 3 = 3 \times 2$

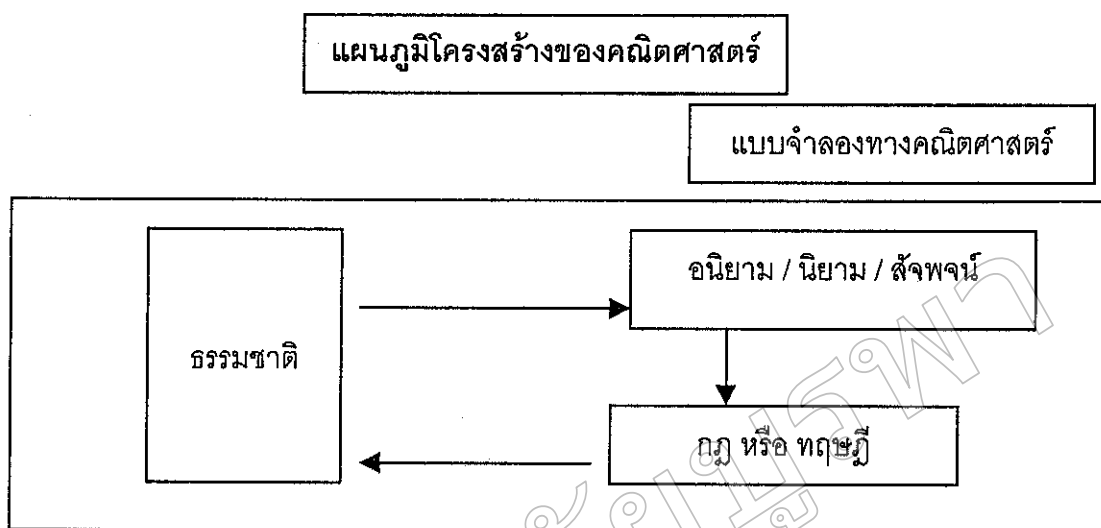
6. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัยอยู่ในตัวเอง มีความถูกต้องเที่ยงตรงสามารถพิสูจน์หรือทดสอบได้ด้วยหลักเหตุผล และการใช้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน เช่น $4 + 1 = ?$

7. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ โดยสร้างแบบจำลองและศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีการพิสูจน์ ทดลอง หรือสรุปอย่างมีเหตุผล ตามความเป็นจริง

8. คณิตศาสตร์เป็นศิลปะอย่างหนึ่ง ความงามของคณิตศาสตร์ก็คือความมีระเบียบแบบแผนและความกลมกลืนที่เกิดขึ้นภายใน

9. คณิตศาสตร์มีความเป็นกรณีทั่วไป (generalization) เป็นวิชาที่มุ่งจะหากรณีทั่วไปของสิ่งต่าง ๆ แทนที่จะหากรณีเฉพาะเท่านั้น เช่น เมื่อ $2 \times 3 = 3 \times 2$ กรณีทั่วไปจะได้ว่า $a \times b = b \times a$

10. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีโครงสร้าง โครงสร้างของวิชาคณิตศาสตร์ในรูปที่สมบูรณ์แล้วจะเริ่มด้วยธรรมชาติ ซึ่งอาจจะเป็นทางฟิสิกส์ ชีววิทยา เศรษฐศาสตร์ จิตวิทยา ธุรกิจ ฯลฯ เราพิจารณาเนื้อหาเหล่านี้แล้วสรุปในรูปนามธรรม สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเนื้อหานั้น ๆ แบบจำลองนี้ประกอบด้วยอนิยาม (undefined term) นิยาม (defined term) และสัจพจน์ (axiom หรือ postulate) จากนั้นจะใช้ตรรกวิทยาสรุปผลเป็นกฎหรือทฤษฎี แล้วนำผลเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ในธรรมชาติต่อไป



ภาพที่ 12 แสดงแผนภูมิโครงสร้างของคณิตศาสตร์ (กรมวิชาการ, 2539, หน้า 5)

ธรรมชาติของคณิตศาสตร์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าคณิตศาสตร์แม้จะเป็นนามธรรมแต่มีโครงสร้างและระบบที่นำมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ชีวิตของคนเราจะผูกพันกับคณิตศาสตร์ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการใช้เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละวัน การใช้จ่ายเงิน การนำความรู้ทางพีชคณิตมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่พบประจำวันเพื่อหาคำตอบของสิ่งที่เรายังไม่ทราบค่า การกำหนดระยะทางหรือเส้นทางการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ การเก็บและคิดหาข้อมูลต่าง ๆ ที่พบจากการอ่านหนังสือ ดูโทรทัศน์ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้อยู่ในชีวิตประจำวันของเราทั้งสิ้น ผู้ที่จะนำคณิตศาสตร์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าจึงควรเป็นผู้ที่รู้จักสังเกต รวบรวมข้อมูลจัดและแยกแยะข้อมูลโดยใช้หลักเกณฑ์ และสรุปหลักการต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ตลอดจนนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

จุดประสงค์ของการสอนคณิตศาสตร์ ในการสอนคณิตศาสตร์ควรควรศึกษาถึงจุดประสงค์ของการสอนคณิตศาสตร์ให้เข้าใจเพื่อทำการสอนนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีนักการศึกษาได้ตั้งจุดมุ่งหมายของการสอนคณิตศาสตร์ไว้หลายทัศนะดังนี้

แครมเมอร์ (Kramer, 1966, p. 4) ได้เสนอความมุ่งหมายของการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาไว้ดังนี้

1. มีความเข้าใจในโครงสร้างของระบบจำนวนจริง แนวคิดเบื้องต้นทางเรขาคณิตและหลักการที่เป็นรากฐานของกระบวนการคณิตศาสตร์ เบื้องต้น
2. มีความรู้เกี่ยวกับศัพท์ และสัญลักษณ์เกี่ยวกับปริมาณ กราฟ มาตราส่วน แผนผัง และรูปร่างทางเรขาคณิตและการวัด

3. มีทักษะในการคิดคำนวณอย่างมีเหตุผล คิดคำนวณได้อย่างรวดเร็ว การทดสอบคำตอบ และนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาในวิชาอื่น ๆ และชีวิตประจำวัน

4. ให้มีเจตคติเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่พึงประสงค์

5. ให้มีความเชื่อมั่นในเหตุผล

ไมเคิลลิส และคณะ (Michaelis et al., 1967, p. 192 อ้างถึงใน สุรัชย์ ขวัญเมือง, 2522, หน้า 8) กล่าวว่า การสอนคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันควรมีความมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในทัศน์ (concept) เกี่ยวกับจำนวนโครงสร้าง ระบบจำนวน ความสัมพันธ์ การกระทำ และเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปกฎเกณฑ์คณิตศาสตร์ได้
2. เพื่อให้เด็กมีทักษะในการคิดคำนวณ
3. เพื่อให้เด็กมีความซาบซึ้งในวิธีการที่มนุษย์เกี่ยวข้องกับระบบ และเครื่องมือของการวัด เพื่อสนองความต้องการของเด็ก และเพื่อให้เด็กเข้าใจความหมาย และกระบวนการของการวัด
4. เพื่อให้เด็กซาบซึ้งในวิชาคณิตศาสตร์ในฐานะที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรม และเพื่อให้เด็กมีความเข้าใจคณิตศาสตร์ในแง่ที่เป็นภาษาที่แสดง และบันทึกความคิดเกี่ยวกับปริมาณได้
5. เพื่อให้เด็กซาบซึ้งและสนุกสนานในคณิตศาสตร์ และมีความสนใจในทฤษฎีและนำไปปฏิบัติได้

เมื่อพิจารณาความมุ่งหมายตามทัศนะของบุคคลต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วจะเห็นว่า วัตถุประสงค์ของการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาชั้นนั้นต้องการให้นักเรียนมีมโนทัศน์ (concept) ทางคณิตศาสตร์ มีทักษะ (skill) ในการคิดคำนวณ มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ สามารถแก้ปัญหาได้ และให้มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

หลักการสอนคณิตศาสตร์ ประยูร อาษานาม (2537, หน้า 27-28) ได้สรุปหลักสำคัญในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาไว้ดังนี้ คือ

1. การกำหนดความมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เด่นชัด การเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นครูจะต้องรู้ว่าสอนอะไรครูต้องการจะให้นักเรียนรู้อะไรบ้าง ครูจะต้องบอกให้นักเรียนรู้ว่าในบทเรียนที่จะได้เรียนนั้นนักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไร จะต้องทำอะไรได้บ้าง เมื่อทั้งสองฝ่ายทราบสิ่งที่จะต้องเรียนรู้แล้ว ครูก็จะได้วางแผนการสอนและจัดสภาพการณ์ที่จะก่อให้เกิดการเรียนรู้ และนักเรียนก็จะทำกิจกรรมอย่างมีจุดหมาย

2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหลาย ๆ วิธี และการใช้วัสดุประกอบการสอนหลายชนิด ในการเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งครูควรจัดกิจกรรมหลาย ๆ ประเภท เพราะว่ากิจกรรมแต่ละประเภทจะให้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนในระดับแตกต่างกัน นักเรียนแต่ละคนจะได้เรียนรู้จาก

กิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของตนเอง ในทำนองเดียวกันอุปกรณ์การสอนก็ควรจะมีหลายชนิด เช่น ทั้งที่เป็นของจริง รูปภาพ หรือเครื่องมือสื่อทัศนูปกรณ์อื่น ๆ การจัดให้มีกิจกรรมหลายวิธี และการใช้วัสดุประกอบการสอนหลายอย่าง เช่น การจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับวิธีการเรียนรู้ของเด็กแต่ละคน หรือกล่าวได้ว่าหลักการเรียนการสอนข้อนี้เป็นการประยุกต์วิธีการสอนแบบปฏิบัติการณ์นั่นเอง

3. การเรียนรู้จากการค้นพบ กิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรเป็นสื่อในการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบมโนคติและหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีครูเป็นผู้ชี้แนะและช่วยเหลือตั้งแต่จะเริ่มทำกิจกรรมอย่างไร ช่องทางใดจะทำให้สามารถเรียนรู้ได้เร็ว และตลอดจนการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกันในตอนท้ายของบทเรียน

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีระบบ ครูจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนให้มีระบบโดยคำนึงถึงโครงสร้างของเนื้อหาเป็นสำคัญ

5. การเรียนรู้มโนคติทางคณิตศาสตร์ควรเริ่มจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ เปียเจต์ ออซูเบล แกญเย และคนอื่น ๆ เราทราบแล้วว่า การเรียนรู้ของเด็กจะพัฒนาจากความคิดที่ยังไม่มีวุฒิภาวะไปสู่ความคิดที่มีวุฒิภาวะ ดังนั้น เด็กควรจะได้เรียนรู้จากสิ่งที่ง่ายไปหาสิ่งที่ยากขึ้น จากสิ่งที่มองเห็นด้วยตาไปสู่สิ่งที่มองเห็นด้วยมโนภาพ

6. การฝึกหัดควรได้กระทำหลังจากที่นักเรียนเข้าใจหลักการแล้ว การฝึกหัดเป็นกิจกรรมเพื่อย้ำความเข้าใจ และเพื่อการเก็บรักษาความรู้ (retention) ดังนั้นการทำแบบฝึกหัดจะไม่บรรลุผลถ้าครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือการบ้านโดยที่นักเรียนปราศจากความเข้าใจสิ่งที่เรียนมาแล้ว ครูควรตรวจสอบและประเมินความเข้าใจของนักเรียนอย่างถี่ถ้วนก่อนที่จะให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่าง ๆ

จากหลักการสอนคณิตศาสตร์ดังกล่าว อาจสรุปได้ว่า การสอนคณิตศาสตร์นั้นจะต้องมีการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียน จัดเนื้อหาให้ต่อเนื่อง เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ความต้องการและความสนใจของผู้เรียน มีเทคนิคในการสอน ใช้สื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ เน้นให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ จนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความสุข

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ ทฤษฎีการสอนคณิตศาสตร์และทฤษฎีการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (กรมวิชาการ, 2538, หน้า 16-22)

1. ทฤษฎีการสอนคณิตศาสตร์

1.1 ทฤษฎีแห่งการฝึกฝน (drill theory) เป็นทฤษฎีการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นใน

เรื่องการฝึกฝน ให้ทำแบบฝึกหัดมาก ๆ ซ้ำ ๆ จนกว่าเด็กจะเคยชินกับวิธีการนั้น ๆ การสอนจึงเริ่ม โดยครูจะเป็นผู้ให้ตัวอย่างหรือบอกสูตรหรือกฎเกณฑ์ แล้วให้เด็กฝึกฝน ทำแบบฝึกหัดมาก ๆ จนกระทั่งเด็กชำนาญ แต่อย่างไรก็ตามทฤษฎีนี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ คือ

1.1.1 เด็กต้องท่องจำ กฎเกณฑ์ สูตร ซึ่งเป็นเรื่องยากสำหรับเด็ก

1.1.2 เด็กไม่อาจจะจำข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วได้หมด

1.1.3 เด็กขาดความเข้าใจในสิ่งที่เรียน เป็นเหตุให้เกิดความลำบากสับสนในการคิดคำนวณ แก้ปัญหาและสิ่งของที่เรียนได้ง่าย

1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยบังเอิญ (incidental learning theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าเด็กจะเรียนได้ดี เมื่อเกิดความต้องการหรือความอยากรู้อย่างใดเรื่องหนึ่งเกิดขึ้น ดังนั้นกิจกรรมการเรียนควรจัดตามเหตุการณ์ที่บังเกิดขึ้นในโรงเรียนหรือชุมชนซึ่งเด็กได้ประสบกับตนเอง แต่ทฤษฎีนี้มีข้อบกพร่องคือเหตุการณ์จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก ดังนั้นการเรียนตามทฤษฎีนี้ก็จะไม่เกิดผล

1.3 ทฤษฎีแห่งความหมาย (meaning theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่า การคิดคำนวณกับการเป็นอยู่ในสังคมของเด็กเป็นหัวใจในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ และมีความเชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้และเข้าใจสิ่งที่เรียนได้ดี เมื่อสิ่งนั้นมีความหมายต่อเด็กเองและเป็นเรื่องที่ได้พบเห็นและปฏิบัติในสังคมประจำวันของเด็ก

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ การสอนคณิตศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยหลักจิตวิทยาเข้าช่วยในการสอนอย่างมาก ทั้งนี้เพราะคณิตศาสตร์เป็นนามธรรมยากแก่การเข้าใจสำหรับเด็ก ครูจึงควรศึกษาหลักจิตวิทยาในการเรียนการสอนให้เข้าใจแล้วนำมาใช้ในการสอนให้เหมาะสมกับสถานการณ์ซึ่งนักจิตวิทยา ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (intellectual development) ของเพียเจต์ (Piaget) หลักการเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์

2.1.1 เด็กเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและสังคม

2.1.2 การเรียนรู้เป็นเรื่องของแต่ละบุคคล ตัวผู้เรียนเองเท่านั้นที่ทราบตัวเองเรียนรู้

2.1.3 พัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมี 4 ระดับคือ

2.1.3.1 Sensori-Motor Stage (อายุ 0-2 ปี) ระยะเวลาเป็นช่วงที่เด็กมีพัฒนาการเกี่ยวกับสัมผัสและการเคลื่อนไหว

2.1.3.2 Pre-Operational Stage (อายุ 2-6 ปี) เป็นระยะที่เด็กเริ่มเข้าใจภาษาอากัปกิริยาของคนใกล้ชิด เป็นช่วงเวลาที่เด็กสร้างเสริมบุคลิกภาพของตนเอง เด็กรู้จักใช้เหตุผลแต่ก็อธิบายไม่ได้เด่นชัด

2.1.3.3 Concrete Stage (อายุ 6-12 ปี) ระยะนี้เด็กเริ่มเข้าใจการจัดหมวดหมู่ การจำแนก การเรียงลำดับ จำนวน มิติ และความสัมพันธ์ การให้เหตุผลของเด็กในวัยนี้จะอาศัยสิ่งที่ตนมองเห็น เด็กยังให้เหตุผลที่เกี่ยวกับนามธรรมไม่ได้

2.1.3.4 Formal Operation Stage (อายุ 12 ปีขึ้นไป) ระยะนี้เป็นระยะที่เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล

จากการพัฒนาการทางสติปัญญาทั้ง 4 ระยะของเด็ก จะเห็นว่าการสอนคณิตศาสตร์ขั้นต้นสำหรับเด็กที่อยู่ในระดับพัฒนาการในระยะที่ 3 การเรียนการสอนจำเป็นต้องใช้วัสดุของจริงประกอบการสอนเพื่อให้เด็กเกิดการค้นพบ นอกจากนี้เพียเจต์ให้ข้อเสนอว่าเด็กจะเรียนการบวกได้ดีก็ต่อเมื่อเด็กเข้าใจการคงสภาพ (stability) ของจำนวน การสอนความหมายของการลบในลักษณะย้อนกลับของการบวก (addition inverse) จะได้ผลก็ต่อเมื่อเด็กมีพัฒนาการถึงระดับวุฒิภาวะเกี่ยวกับเรื่องการคิดย้อนกลับ (reversibility) แล้ว

2.2 ทฤษฎีพัฒนาการและแนวความคิดของ บรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์ได้ให้หลักการเรียนรู้ที่สำคัญซึ่งได้แก่ การเน้นโครงสร้าง (structure) ของเนื้อหาวิชาและกระบวนการ (process) ของการแก้ปัญหา มากกว่าการเน้นผล (product) ของพฤติกรรม บรูเนอร์กล่าวว่า การเข้าใจโครงสร้างของความรู้จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้แจ้งสามารถประยุกต์เนื้อหาวิชาได้ ทำให้มีความทรงจำได้เป็นระยะเวลานาน นอกจากนั้นการเข้าใจโครงสร้างยังเป็นการจัดความรู้ให้มีระบบระเบียบ บรูเนอร์เสนอแนะให้คำนึงถึงความพร้อมของผู้เรียนในแง่ของการจัดประสบการณ์ของการเรียนให้มีลำดับความยากง่าย และความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความสนใจของผู้เรียนด้วย บรูเนอร์ได้เสนอแนะวิธีการสอนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ขั้นคือ

2.2.1 การใช้ของจริงอธิบายหรือแสดงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งบรูเนอร์ เรียกว่า Enactive representation หรือ Concrete representation

2.2.2 การใช้รูปภาพอธิบายหรือแสดงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (iconic representation หรือ picture representation)

2.2.3 การใช้สัญลักษณ์อธิบายหรือแสดงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (symbolic representation)

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดของ ออซูเบล (Ausubel) ออซูเบลได้เสนอหลักการที่จะทำให้การเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์ได้มีหลักการ 2 ประการ คือ

2.3.1 การจัดความรู้ให้มีโครงสร้างที่เหมาะสม

2.3.2 การจัดลำดับความยากง่ายของความรู้ที่เหมาะสม

ลักษณะการเรียนรู้ ตามแนวคิดของ ออซูเบลสามารถจัดเป็นกลุ่มหรือหมู่ (cluster) ได้ คือการเรียนรู้แบบท่องจำ (recitation learning) การเรียนรู้แบบมีความหมาย (meaningful learning) การเรียนรู้จากการบอกเล่า (reception learning) และการเรียนรู้จากการค้นพบ (discovery learning) จากการจัดกลุ่มการเรียนรู้ทั้ง 4 กลุ่มของออซูเบลนี้ กลุ่มของการเรียนรู้แบบมีความหมาย และการเรียนรู้แบบค้นพบจะเป็นลักษณะการเรียนรู้ที่ทั้งประสงค์ที่นักเรียนควรจะได้ รับการฝึกฝน ความคิดเห็นที่น่าสนใจของออซูเบลอีกประการหนึ่งคือ การให้ความรู้แก่เด็กควรคำนึงถึงประสบการณ์ในอดีตหรือความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นบรรทัดฐานสำคัญที่จะให้เด็กมีความพร้อมในการเรียนความรู้ใหม่ ๆ ออซูเบลเชื่อว่าเด็กอายุต่ำกว่า 12 ปี ต้องเรียนรู้จากของจริง การทดลองหรือปฏิบัติจะช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งที่เรียนได้อย่างชัดเจน เด็กหลังวัยเรียนระดับประถมศึกษาจะสามารถเรียนรู้ได้จากการสนทนา การอภิปรายและกิจกรรมที่น่าสนใจ ดังนั้นการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษา การใช้อุปกรณ์การสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก

2.4 ทฤษฎีและแนวคิดของแกญเย (Gagné) แกญเยได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการสอนแบบชี้แนะเพื่อเกิดการค้นพบ (guided discovery) ซึ่งบรูเนอร์นั้นเน้นกระบวนการ (process) แต่แกญเยมีความคิดเห็นตรงกันข้ามคือ มุ่งเน้นผล (product) ของพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน แกญเยสนใจว่าผู้เรียนได้เรียนอะไร การเรียนการสอนจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่าจะให้เด็กสามารถแสดงพฤติกรรมที่พึงประสงค์อะไรบ้าง กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของแกญเยจะเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การวิเคราะห์พื้นฐานความรู้เดิมของเด็ก การจัดลำดับขั้นของการเรียนโดยการชี้แนะของครู การจัดกิจกรรมการเรียนตามความถนัดหรือวิธี (style) การเรียนรู้ของผู้เรียนและการประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของผู้เรียน แกญเยเชื่อว่าเด็กจะเรียนความคิดรวบยอดใหม่ เมื่อเด็กได้เรียนความคิดรวบยอดย่อยซึ่งเป็นพื้นฐานของความคิดรวบยอดใหม่นั้นเสียก่อน ดังนั้นการจัดประสบการณ์การเรียนอย่างมีระบบจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง แนวความคิดของแกญเยจึงเป็นแบบฉบับของการเรียนการสอนระบบโปรแกรม นอกจากนี้ แกญเยเชื่อว่าสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเก็บรักษาความรู้ (retention) ไว้ได้นานมีอยู่ 3 ประการคือ

2.4.1 กิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความตั้งใจ

2.4.2 การเข้าใจอย่างชัดเจน

2.4.3 การจำแนกความรู้เดิมและความรู้ใหม่

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ของดิน (Dienes) ดินได้เสนอหลัก 4 ประการในการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

2.5.1 the dynamic principle เด็กจะเรียนรู้จากการเล่นหรือกิจกรรม 3 ระดับ คือ การเล่นเกมหรือกิจกรรมที่ไม่มีกติกาแน่นอนแต่มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์แฝงอยู่ หลังจากนั้นเด็กจะเรียนรู้จากการเล่นหรือกิจกรรมที่มีกติกาหรือมีระเบียบและเป็นขั้นที่เด็กเริ่มจะเข้าใจความคิดรวบยอด อาจจะรู้โดยการใช้อินтуиชัน (intuition) และในขั้นสุดท้ายเด็กจะเรียนรู้จากการฝึกหัดซึ่งมุ่งให้เรียนรู้ความคิดรวบยอดที่ต้องการโดยตรง

2.5.2 the constructive principle ความรู้หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนอยู่ในสภาพที่ยั่วให้เกิดความนึกคิดที่จะแก้ปัญหา แม้ว่าเด็กจะไม่มีความคิดเชิงวิเคราะห์ (analytic thinking) หรือไม่สามารถจะประเมินอย่างมีเหตุผล (logical judgment) ได้ แต่เด็กจะสามารถรับรู้ความคิดรวบยอดได้โดยฉันท

2.5.3 the mathematic variability principle จากหลักการที่ว่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างคงที่ แม้ตัวแปรต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงได้ การช่วยให้เด็กเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ควรใช้วิธีการหลาย ๆ วิธี แต่จำเป็นต้องรักษาความบริบูรณ์หรือสภาพของความคิดรวบยอดได้คงเดิม เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสอาจเขียนได้หลายลักษณะและหลายขนาดแต่ก็ยังคงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่นั่นเอง

2.5.4 the perceptual variability principle การรับรู้ (perception) สามารถรับรู้ได้หลายวิธีแต่ความคิดรวบยอดย่อมคงที่ หลักการข้อนี้หมายความว่ามีการเสนอความคิดรวบยอดจากสภาพการณ์หลายสภาพแต่ความคิดรวบยอดก็คือสิ่งเดียวกัน เช่น ในการสอนเรื่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า การสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบนกระดานดำ บนกระดาน หรือใช้ยางรัดของตรึงบนกระดานเรขาคณิต ซึ่งล้วนแต่เป็นเรื่องของสี่เหลี่ยมผืนผ้านั่นเอง ดังนั้นการเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เด็กจะต้องเข้าใจสิ่งที่สามารถแทนได้หลายรูปแบบนั้นว่ามีลักษณะร่วมกันหรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นสิ่งเดียวกัน

2.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom) บลูมเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียนซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีข้อตกลงเบื้องต้น 2 ประการ ประการแรกคือ พื้นเพของผู้เรียน (history) เป็นหัวใจของการเรียนในโรงเรียน ผู้เรียนแต่ละคนจะเข้ามาเรียนวิชาในชั้นเรียนในโรงเรียนหรือในโครงการของโรงเรียน ดังนั้นพื้นฐานที่จะช่วยให้เรียนสำเร็จแตกต่างกันไปจากคนอื่น ๆ ถ้าแต่ละคนเข้าเรียนในชั้นเรียนที่พื้นเพคล้ายกันมาแล้ว ก็จะมีผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างกันมาก ประการที่ 2 คือ คุณลักษณะของแต่ละคน (ความรู้ที่จำเป็นก่อนเรียน แรงจูงใจในการเรียน) และคุณภาพของการสอนซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถปรับปรุงได้ เพื่อให้แต่ละคนและทั้งกลุ่มมีระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้น

ตามรูปแบบของทฤษฎีนี้ ความสามารถหรือคุณสมบัติด้านพุทธิพิสัย (cognitive) คุณลักษณะด้านจิตพิสัย (affective) และคุณภาพของการสอน จะเป็นตัวกำหนดผลการเรียน ซึ่งผลการเรียน ได้แก่ ระดับและประเภทของผลสัมฤทธิ์ อัตราการเรียนรู้และคุณลักษณะด้านจิตพิสัย คุณภาพของการสอนประกอบด้วยองค์ 4 ประการ ได้แก่ การชี้แนะ (cues) หมายถึงการบอกจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนและงานที่จะต้องทำให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน การมีส่วนร่วม (participation) หมายถึงการร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การเสริมแรง (reinforcement) หมายถึงการชมเชย ตักเตือน กล่าวข้อสนับสนุนให้เหมาะสมกับผู้เรียน การให้ข้อมูลสะท้อนกลับและแก้ไขข้อบกพร่อง (feedback and correctives) ซึ่งการให้ข้อมูลสะท้อนกลับหมายถึงการวินิจฉัย และชี้แจงให้นักเรียนทราบว่านักเรียนแต่ละคนบรรลุการเรียนรู้ในจุดประสงค์ข้อใดบ้างและยังขาดในจุดประสงค์ใด ส่วนการแก้ไขเป็นกระบวนการและกิจกรรมที่ใช้เพื่อปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนโดยยึดข้อมูลสะท้อนกลับนั้น การนำทฤษฎีของบลูมไปใช้นั้นมีแนวคิดดังนี้

2.6.1 แยกวิชาเป็นหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วยใช้เวลา 2 สัปดาห์

2.6.2 ระบุจุดมุ่งหมายของการสอนแต่ละหน่วยให้ชัดเจน

2.6.3 ทำการสอนแต่ละหน่วยโดยการสอนเป็นกลุ่มตามปกติ

2.6.4 ทำการทดสอบวินิจฉัยความก้าวหน้า (formative test) ในตอนท้ายของแต่ละหน่วยย่อย เพื่อพิจารณาว่ามีความรอบรู้ในหน่วยนั้น ๆ แล้วหรือยัง ถ้ายังจะมีจุดใดที่จะต้องซ่อมเสริมเพื่อให้รอบรู้

2.6.5 ใช้วิธีการเฉพาะเพื่อซ่อมเสริมแก้ไขข้อบกพร่อง เช่น ติดต่อกันเองในกลุ่มย่อยให้อ่านเฉพาะบางหน้า ใช้บทเรียนสำเร็จรูป ใช้สื่อทัศนวัสดุช่วย แล้วแต่ความเหมาะสมและหลังจากเรียนตามวิธีการดังกล่าวจนครบทุกอย่างแล้ว ก็ทดสอบครั้งสุดท้าย (ใช้แบบทดสอบชนิด

summative test) เพื่อให้เกรดในวิชานั้น ผู้ที่ได้ในระดับการรอบรู้ที่กำหนดไว้หรือสูงกว่าจะได้เกรด A

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งจากแนวการจัดการเรียนการสอนและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์เห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่นักการศึกษา นักจิตวิทยาการศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องควรพยายามศึกษาหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะยกระดับคุณภาพการเรียนในวิชานี้ให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ด้วยโลกปัจจุบันมีความเจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งทุกประเทศในโลกรวมทั้งประเทศไทยได้พยายามตอบสนองและปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว คณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นวิชาที่มุ่งให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการคิดคำนวณฝึกให้คิดอย่างมีเหตุผล และแสดงการคิดออกอย่างเป็นระบบง่าย ๆ สั้น ชัดเจน มีความเคยชินต่อการแก้ปัญหา อันเป็นแนวทางที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของเยาวชนในชาติของโลกยุคปัจจุบัน

หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา หลักสูตรประถมศึกษาพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ได้กำหนดกลุ่มประสบการณ์ให้มี 5 กลุ่มคือ กลุ่มทักษะที่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต กลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย กลุ่มการงานพื้นฐานอาชีพและกลุ่มประสบการณ์พิเศษ วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาในกลุ่มทักษะที่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ที่มุ่งให้มีความรู้และประสบการณ์แก่ผู้เรียนสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการดำรงชีวิต ทั้งด้านการติดต่อสื่อสาร การคิดหาเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนสามารถนำความรู้ ประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในการเรียนกลุ่มประสบการณ์อื่น ๆ และแสวงหาความรู้ตามที่คุณเรียนต้องการ หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาประกอบด้วยพื้นฐานทางจำนวน พีชคณิต เรขาคณิต สถิติ พื้นฐานการวัด การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับนี้เน้นในด้านการพัฒนาความคิด ความเข้าใจโดยใช้กิจกรรมของจริงหรืออุปกรณ์ ทั้งนี้การจัดประสบการณ์ในการเรียนการสอน ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหาและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์ของหลักสูตร หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิด การคำนวณ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในการดำรงชีวิตให้มีคุณภาพ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนมีลักษณะดังนี้

1. มีความรู้ ความเข้าใจ ในคณิตศาสตร์พื้นฐานและมีทักษะในการคิดคำนวณ
2. รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และแสดงความคิดออกอย่างมีระเบียบ ชัดเจนและรัดกุม
3. รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

4. สามารถนำประสบการณ์ทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในชีวิตประจำวัน

เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ทุกข้อตามหลักสูตร ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในการจัดกระบวนการเรียนการสอน ถึงแม้ว่านักเรียนจะได้เรียนเนื้อหาครบถ้วนตามหลักสูตร ถ้าครูจัดกระบวนการเรียนการสอนไม่สนองจุดประสงค์ของหลักสูตร นักเรียนก็จะได้แต่ความรู้เนื้อหาซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของจุดประสงค์เท่านั้น

ในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตรนั้น ครูควรต้องคำนึงถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้คณิตศาสตร์พื้นฐานที่กำหนดไว้ในหลักสูตร โดยพยายามให้ผู้เรียนได้เข้าใจในหลักการของคณิตศาสตร์ควบคู่กันไป ด้วย เพราะความเข้าใจในหลักการจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นต่อไปได้ และเมื่อผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์แล้ว ครูควรจัดเวลาให้ผู้เรียนฝึกทักษะให้มากพอเพื่อให้เกิดความชำนาญ ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว และในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นครูควรยกตัวอย่างให้ผู้เรียนได้สังเกต สรุป และส่งเสริมให้ได้ใช้ความคิดตามลำดับเหตุผลและให้โอกาสผู้เรียนในการแสดงความคิดของตนและใช้เหตุผลของตนเองอันจะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดและอธิบายตามลำดับเหตุผลของผู้เรียนด้วย นอกจากนี้ควรจัดให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในหลักสูตรกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชานี้

โครงสร้างของหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เนื้อหาของหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับนี้มีโครงสร้างอันประกอบด้วยพื้นฐานในด้านต่าง ๆ 5 พื้นฐาน คือ

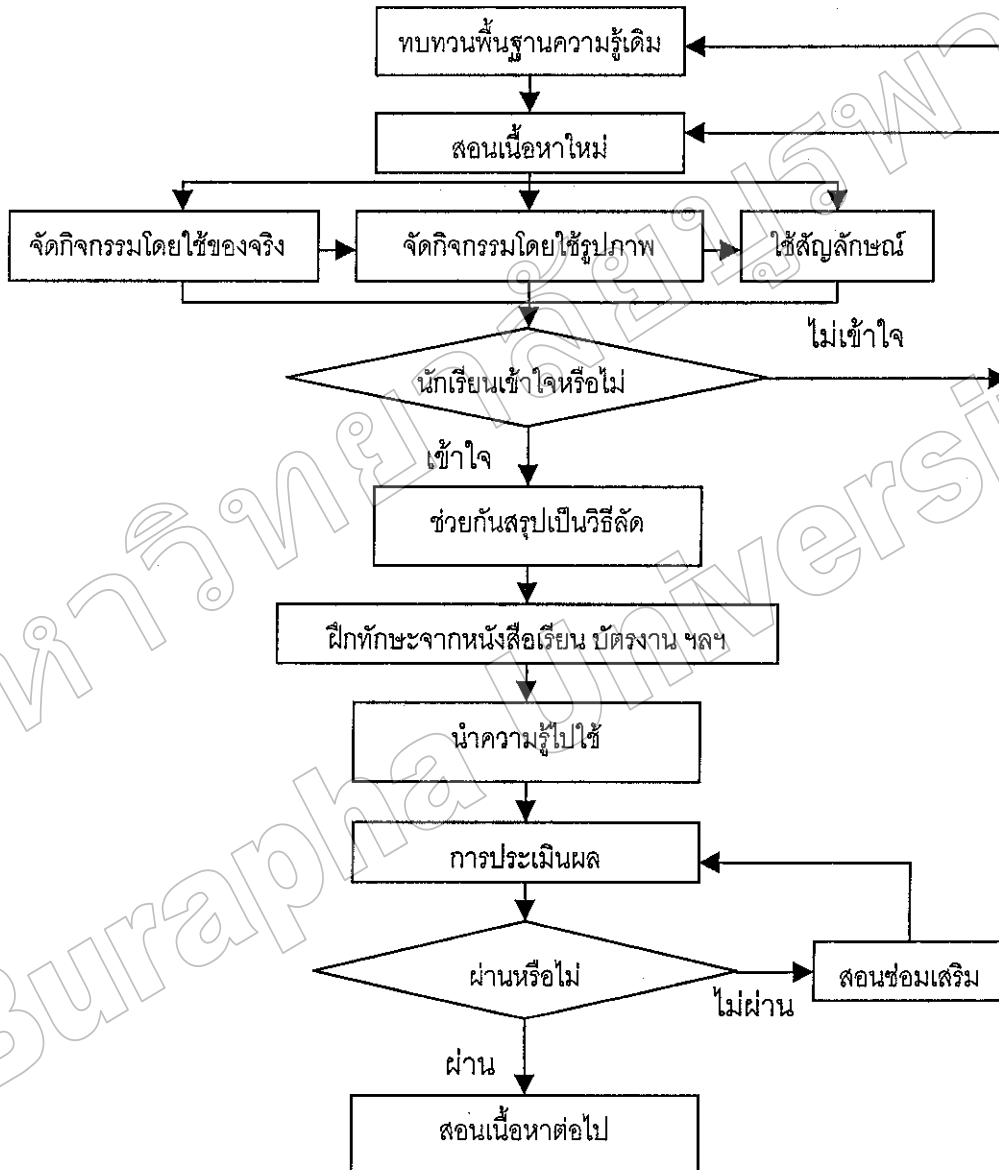
1. พื้นฐานทางจำนวน เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่อง จำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม เป็นต้น
2. พื้นฐานทางพีชคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางจำนวน เช่น สมการ
3. พื้นฐานทางการวัด เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่อง การวัดความยาว การชั่ง การตวง การหาพื้นที่ การหาปริมาตร ทิศ แผนผัง เวลา วัน เดือน ปี และเงิน เป็นต้น
4. พื้นฐานทางเรขาคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง รูปเรขาคณิตและรูปทรงเรขาคณิต
5. พื้นฐานทางสถิติ เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการนำเสนอข้อมูล ในรูปแบบภูมิและกราฟ

การจัดโครงสร้างเนื้อหาในแต่ละพื้นฐานจะจัดให้สัมพันธ์กัน เนื้อหาที่กำหนดไว้ในแต่ละพื้นฐานเป็นเรื่องที่จะต้องใช้หรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น เงิน การชั่ง การตวง ฯลฯ การจัดเนื้อหาในแต่ละระดับชั้นได้จัดให้สอดคล้องและเหมาะสมกับวัย และวุฒิภาวะของผู้เรียน เนื้อหาแต่ละเรื่องจัดไว้ในชั้นต่าง ๆ จะมีลักษณะบททวนเนื้อหาเดิมที่เคยเรียนมาแล้วในชั้นก่อน ดังนั้นการเรียนการสอนแต่ละเรื่องมิได้เรียนเพียงครั้งเดียวแล้วยุติ แต่จะซ้ำและทบทวนแล้วจึงเพิ่มรายละเอียดของเนื้อหานั้น ๆ ให้เหมาะสมกับวัยและชั้นเรียนที่สูงขึ้น

แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ของหลักสูตร

1. มีความรู้ ความเข้าใจ ในคณิตศาสตร์พื้นฐาน และมีทักษะการคิดคำนวณ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหา ควรเริ่มด้วยการจัดกิจกรรมโดยใช้ของจริง วัสดุภาพ และใช้สัญลักษณ์ ตามลำดับ
2. รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและแสดงความคิดเห็นออกมาอย่างมีระเบียบ ชัดเจนและรัดกุม คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีโครงสร้างเป็นระบบและมีความเป็นเหตุเป็นผลในตัวเอง ด้วยเหตุนี้คณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาหนึ่งที่ช่วยฝึกการคิดอย่างมีเหตุผลได้เป็นอย่างดี ครูผู้สอนจึงควรสอดแทรกในการสอนทุกครั้งเท่าที่โอกาสจะอำนวยให้โดยวิธีการต่าง ๆ หรือใช้คำถามประเภททำไม เพราะเหตุใด จงยกตัวอย่าง จริงหรือไม่ ฯลฯ
3. รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เนื้อหาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรประถมศึกษาเป็นเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวันเป็นส่วนมาก เช่น เรื่องการคะเน การประมาณจำนวน การคิดคำนวณเกี่ยวกับเงิน เวลา การวัด ถ้าครูไม่จัดกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงการใช้ความรู้เหล่านี้ในชีวิตประจำวัน นักเรียนก็จะไม่รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมโดยให้ปฏิบัติจริงหรือจำลองเหตุการณ์ที่นักเรียนประสบในชีวิตประจำวันมาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม ในด้านการปลูกฝังเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ มีความสำคัญและจำเป็น เช่นเดียวกับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ครูจึงควรให้ความสนใจด้วยว่ากิจกรรมเหล่านี้จะมีผลต่อเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียนในทางบวกหรือทางลบ ถ้าจะมีผลในทางลบครูควรหลีกเลี่ยง
4. สามารถนำประสบการณ์ทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และใช้ในชีวิตประจำวัน หลักสูตรประถมศึกษาจัดคณิตศาสตร์ไว้ในกลุ่มทักษะ ซึ่งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ นั่นคือ ในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ จำเป็นต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน ครูจึงควรจัดประสบการณ์ในการเรียนให้นักเรียนได้เคยชินกับทักษะกระบวนการ กระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการคิดเพื่อให้เกิดการพัฒนาตนเอง

นักเรียน นอกจากนี้ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรคำนึงถึงขั้นตอนการเรียนการสอนเนื้อหา คณิตศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอขั้นตอนการสอนไว้ ดังนี้



ภาพที่ 13 แสดงขั้นตอนการสอนคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กรมวิชาการ, 2539, หน้า 5)

เนื้อหาเรื่องรูปสี่เหลี่ยม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหา คือ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรประถมศึกษาพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)
ซึ่งได้กำหนดเนื้อหาความคิดรวบยอด / หลักการ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

เรื่องรูปสี่เหลี่ยม เนื้อหา แบ่งเป็น 4 หัวข้อ คือ

1. ลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว
รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
2. คุณสมบัติเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม
3. การสร้างรูปสี่เหลี่ยม
4. การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม
ความคิดรวบยอด / หลักการ
1. รูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปปิดที่มีด้านสี่ด้าน มีมุมสี่มุม แต่ละมุมเรียกว่า มุมภายในของ
รูปสี่เหลี่ยม
2. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกันสองคู่ เรียกว่ารูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
3. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านทั้งสี่ยาวเท่ากัน มุมแต่ละมุมไม่เป็นมุมฉาก เรียกว่ารูปสี่เหลี่ยม
ขนมเปียกปูน
4. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านทั้งสี่ยาวเท่ากัน มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก เรียกว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
5. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน แต่ด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน มีมุมทุกมุม
เป็นมุมฉาก เรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
6. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านขนานกันเพียงคู่เดียว เรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมคางหมู
7. รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านเท่ากันสองคู่ในลักษณะเช่นนี้  เรียกว่ารูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว
8. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว
เป็นรูปสมมาตร ส่วนรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมคางหมูไม่เป็นรูปสมมาตร
9. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีแกนสมมาตร 4 แกน รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
มีแกนสมมาตร 2 แกน รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว มีแกนสมมาตร 1 แกน
10. ส่วนของเส้นตรงที่มีจุดปลายทั้งสองข้างเป็นจุดยอดมุมที่อยู่ตรงกันข้ามของ
รูปสี่เหลี่ยม เรียกว่า เส้นทแยงมุม รูปสี่เหลี่ยมมีเส้นทแยงมุมสองเส้น
11. รูปสี่เหลี่ยมที่เส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยม
ผืนผ้า

12. รูปสี่เหลี่ยมที่เส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

13. รูปสี่เหลี่ยมที่เส้นทแยงมุมแต่ละเส้นตัดกันเป็นมุมฉาก ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว

14. รูปสี่เหลี่ยมที่เส้นทแยงมุมแบ่งรูปสี่เหลี่ยมนั้นออกเป็น รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ากัน สองรูป ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

15. เมื่อกำหนดให้ด้านใดด้านหนึ่งเป็นฐาน ส่วนสูงของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและ รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเป็นส่วนของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับฐาน มีจุดปลายข้างหนึ่งอยู่บนฐานหรือ ส่วนต่อของฐานหรือส่วนต่อของฐาน และอีกข้างหนึ่งอยู่บนด้านที่อยู่ตรงข้ามกับฐาน

16. ส่วนสูงของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นส่วนของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับด้านคู่ขนานมี จุดปลายแต่ละข้างอยู่บนด้านคู่ขนานหรือส่วนต่อของด้านคู่ขนาน

17. ผลบวกของความยาวของด้านทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่า ความยาวรอบรูป ของรูปสี่เหลี่ยมนั้น

18. พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมอาจหาได้จากการหาผลบวก ของพื้นที่รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่ ประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมนั้น หรืออาจหาได้โดยให้สูตร

จุดประสงค์ หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถแสดงพฤติกรรมต่อไปนี้ได้

1. บอกลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมคางหมู และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวได้

2. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกสมบัติของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมนั้นได้

3. สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ จากสิ่งที่กำหนดให้ได้

4. หาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมได้

การสอนเรขาคณิตในระดับประถมศึกษา ปานทอง กุลนาถศิริ (2541, หน้า 3-5) ได้กล่าวถึงการสอนเรขาคณิตว่า เรขาคณิตเป็นพื้นฐานหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในทุกๆระดับ การจัดเนื้อหาเรขาคณิตในระดับประถมศึกษาควรจัดในลักษณะที่ไม่เป็นแบบแผน (informal organization) การจัดกิจกรรมต่าง ๆ ควรเอื้อต่อการค้นพบเพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจและเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดต่าง ๆ ทางเรขาคณิต กิจกรรมต่าง ๆ ควรท้าทาย น่าสนใจ เปิดโอกาสให้เด็กได้ทดลองปฏิบัติ สังเกต สัมผัส สำรวจ วิพากษ์วิจารณ์ พุด คิด แก้ปัญหา และ

แสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ควรจัดกิจกรรมเรขาคณิตเพื่อให้เกิดวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (mathematical visualization) และความรู้สึกสัมผัสทางมิติ (spatial sense) ตลอดจนการสร้างเจตคติที่ดี การสร้างสุนทรียภาพทางเรขาคณิต เพื่อให้เห็นถึงความงดงามของคณิตศาสตร์กับศิลปะเป็นสิ่งที่ควรควรตระหนักด้วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิต

ธรรมชาติของวิชาเรขาคณิตเป็นวิชาที่เอื้อที่จะสอนให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีวิจารณญาณ ช่างสังเกต ช่างสำรวจ มีเหตุผล ดังนั้นหากครูผู้สอนได้จัดกิจกรรมที่เหมาะสมและถูกต้องก็จะช่วยให้เยาวชนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์

เรขาคณิตจึงเป็นเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญและจำเป็นเนื้อหาหนึ่ง ที่จะต้องบรรจุไว้ในหลักสูตรคณิตศาสตร์ในทุกระดับ การจัดเนื้อหาของเรขาคณิตในแต่ละชั้นจะคำนึงถึงความจำเป็นและความเหมาะสมของเนื้อหาและวุฒิภาวะของผู้เรียน

การสอนรูปเรขาคณิต ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 2 นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแบบรูปเรขาคณิต ได้แก่ รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี การสอนรูปเรขาคณิตในชั้นนี้เพื่อให้นักเรียนรู้จักและคุ้นเคยกับรูปเรขาคณิตชนิดต่าง ๆ ครูควรจัดกิจกรรมให้เด็กได้สัมผัส สังเกต สำรวจ จำแนก จัดประเภทของแบบรูปเรขาคณิตตามสี ขนาด รูปร่าง การให้เด็กจำชื่อเฉพาะของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมนั้นอาจยังไม่จำเป็นในขั้นต้นนี้ แต่การเรียกชื่อเฉพาะของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมไว้ก่อน เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ก็เพื่อให้เด็กได้คุ้นเคย นับว่าเป็นการเตรียมความพร้อมทางด้านเรขาคณิต อุปกรณ์ของจริงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ นักเรียนได้สังเกต สัมผัส จับต้อง เด็กจะได้มีภาพอยู่ในใจต่อมา

การสอนรูปเรขาคณิตในชั้นถัด ๆ มา จะค่อย ๆ เพิ่มเนื้อหาและรายละเอียดตามความจำเป็นและเหมาะสม ป.3 – 4 จะเพิ่มชนิดของรูปเหลี่ยมทั้งรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม รวมทั้งบูรณาการความรู้ของเด็กไปกับพื้นฐานอื่นอีก เช่น พื้นฐานการวัด จะให้เด็กได้ฝึกทักษะการวัด ความยาวรอบรูปเรขาคณิต เช่น การหาความยาวรอบรูป พื้นที่ ซึ่งจะเน้นทบทวนมากขึ้นในชั้น ป.5 – 6 และในชั้น ป.5 – 6 จะเรียนรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และรูปวงกลมให้ลุ่มลึกขึ้น เด็กจะได้เรียนคุณลักษณะชนิดของรูป การสร้าง การหาความยาว การหาพื้นที่ การจัดกิจกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติเพื่อค้นพบ และเรียนรู้ด้วยตนเอง

การสอนรูปทรงเรขาคณิต การสอนให้เด็กได้รู้จักทรงเรขาคณิต ควรเริ่มจากการนำอุปกรณ์ของจริงทรงเรขาคณิตต่าง ๆ มาให้นักเรียนได้สังเกตสัมผัส จับต้อง การเรียนรู้จากอุปกรณ์ที่เขาสามารถจับต้องได้ (manipulative objects) จะช่วยให้เด็กค้นพบด้วยตนเองว่าทรงเรขาคณิตนั้นต่างกับรูปเรขาคณิตตรงความหนาหรือความสูง และรูปเรขาคณิตเป็นเพียงส่วนหนึ่งของรูปทรง

การจัดกิจกรรมเพื่อให้เด็กเกิดวิสัยทางคณิตศาสตร์ (mathematical visualization) และความรู้สึกสัมผัสทางมิติ (spatial sense) ตลอดจนจัดกิจกรรมเพื่อให้เห็นความงามของคณิตศาสตร์กับศิลปะนั้นเป็นสิ่งที่ควรตระหนัก การสอนรูปเรขาคณิตและทรงเรขาคณิตนั้นควรให้เด็กได้ฝึกเขียน สร้างประดิษฐ์ลดหลั่น เพื่อสอดแทรกให้เด็กได้เกิดวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และเกิดความรู้สึกสัมผัสทางมิติ ตลอดจนเกิดความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ

จุดหมายปลายทางของการสอนรูปเรขาคณิตและรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ นั้น คงเป็นเรื่องของการหาพื้นที่และปริมาตร ซึ่งนับว่าเป็นหัวใจของการเรียนเรขาคณิตเรื่องหนึ่งเพราะหากศึกษาไปในประวัติศาสตร์การเกิดของวิชาเรขาคณิตแล้วจะพบว่าเรขาคณิตในยุคโบราณคือ อียิปต์ และบาบิโลเนียนั้น เกิดเพราะความจำเป็นที่ต้องการวัดที่ดิน วัดอาณาเขตของอาณานิคมบนที่ดินเกษตรกรรมที่เหลือหลังจากที่ได้รับความเสียหายจากแม่น้ำไนล์ที่ท่วมในแต่ละปี เรขาคณิตจึงเป็นศาสตร์ที่มีความหมาย มีคุณค่ามีประโยชน์ และมีความผูกพันกับชีวิตมนุษย์มาเป็นเวลานาน การสอนเรขาคณิตนอกจากจะ让孩子มีความรู้ความเข้าใจแล้ว ควรให้เด็กได้เรียนด้วยความสนุกสนานและสร้างสรรค์สติปัญญา มีกิจกรรมหลายกิจกรรมที่สร้างให้เด็กได้เกิดวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความรู้สึกสัมผัสทางมิติ เช่น กิจกรรมแบบบล็อก (pattern block activities) การจัดกิจกรรมให้เด็กออกแบบจินตนาการโดยใช้สี และอุปกรณ์ geometric stamping block เป็นต้น

สิ่งที่ครูควรตระหนักในการสอนเรขาคณิต คือ ควรให้กำลังใจแก่นักเรียน ให้นักเรียนเรียนด้วยความเข้าใจและได้ค้นพบ ได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ใช้อุปกรณ์ การที่ครูสอนพิสูจน์โดยครูเป็นผู้บอกไม่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจ และควรสอนให้นักเรียนเกิด inductive reasoning ซึ่งเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญในการเรียนเรขาคณิต

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (cognitive domain) ในทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 643-678) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (computation) เป็นความสามารถในการระลึกได้ถึงสิ่งที่เรียนมาแล้ว การวิเคราะห์พฤติกรรมมี 3 ด้าน คือ

- 1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง
- 1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม
- 1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

2. ความเข้าใจ (comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความหมาย ดีความ และการขยายความในปัญหาใหม่ ๆ โดยนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การแสดงพฤติกรรมมี 6 ขั้น คือ

- 2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด
- 2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎและการสรุปอ้างอิง
- 2.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์
- 2.4 ความสามารถในการแปลงส่วนประกอบโจทย์ปัญหาจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง

2.5 ความสามารถในการใช้หลักเหตุและผล

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ กฎ หลักการ ข้อเท็จจริง สูตร ทฤษฎีที่เรียนรู้แล้วไปแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นเป็นผลสำเร็จ การวัดพฤติกรรมมี 4 ขั้นตอน คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบข้อมูล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4 ความสามารถระลึกได้ซึ่งรูปแบบ ความสอดคล้องและลักษณะสมมาตรของปัญหา

4. การวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการพิจารณาส่วนสำคัญหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญและหาหลักการที่ส่วนสำคัญเหล่านั้นสัมพันธ์กัน ซึ่งการที่บุคคลมีความสามารถดังกล่าวแล้ว จะสามารถทำให้บุคคลนั้นแก้ปัญหที่แปลกกว่าธรรมดา หรือโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อนได้ พฤติกรรมนี้เป็นจุดมุ่งหมายสูงสุดของการสอนคณิตศาสตร์ การวัดพฤติกรรมมี 5 ขั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหที่แปลกกว่าธรรมดา

4.2 ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์

4.3 ความสามารถในการแสดงการพิสูจน์

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์ การพิสูจน์

4.5 ความสามารถในการกำหนดและหาความเที่ยงตรงในการสรุป

ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2536, หน้า 146-147) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (paper and pencil test) กับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้เป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นคำถามที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บทพร้อมที่ตรงไหนจะได้สอนซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดดูความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนใหม่ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบประเภทนี้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอ จึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้ แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบและยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย

ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี ชวาล แพรัตกุล (2518, หน้า 123-136) กล่าวถึงแบบทดสอบที่ดีควรมีลักษณะ 10 ประการ ดังนี้

1. ต้องเที่ยงตรง (validity) หมายถึง คุณสมบัติที่จะทำให้ผู้ใช้บรรลุถึงวัตถุประสงค์แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูงคือ แบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดสิ่งที่เราจะวัดได้อย่างถูกต้องตามความมุ่งหมาย
2. ต้องยุติธรรม (fair) คือ โจทย์คำถามทั้งหลายไม่มีช่องทางแนะให้เด็กเดาคำตอบได้ ไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกียจคร้านที่จะดูตำรา แต่ตอบได้ดี
3. ต้องถามลึก (searching) วัดความลึกซึ้งของวิทยาการตามแนวดิ่งมากกว่าที่จะคิดตามแนวกว้างว่ารู้มากน้อยเพียงใด
4. ต้องยั่วยุเป็นเยี่ยงอย่าง (exemplary) คำถามมีลักษณะท้าทายชวนให้คิด เด็กสอบแล้วมีความอยากรู้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น
5. ต้องจำเพาะเจาะจง (definite) เด็กอ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจแจ่มชัดว่าคำถามถึงอะไร หรือให้คิดอะไร ไม่ถามคลุมเครือ
6. ต้องเป็นปรนัย (objectivity) หมายถึงคุณสมบัติ 3 ประการ คือ
 - 6.1 แจ่มชัดในความหมายของคำถาม

6.2 แจ่มชัดในวิธีการตรวจหรือมาตรฐานการให้คะแนน

6.3 แจ่มชัดในการแปลความของคะแนน

7. ต้องมีประสิทธิภาพ (efficiency) คือสามารถให้คะแนนที่เที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุดภายในเวลา แรงงานและเงินน้อยที่สุดด้วย

8. ต้องยากพอเหมาะ (difficulty)

9. ต้องมีอำนาจจำแนก (discrimination) คือสามารถแยกเด็กออกเป็นประเภท ๆ ได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดถึงเก่งสุด

10. ต้องเชื่อมั่นได้ (reliability) คือข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอนไม่แปรผัน

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพรสคอตต์ (Prescott, 1961, pp. 14-16 อ้างถึงใน ปริมปราง ใจแน, 2538, หน้า 47) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียนและสรุปผลการศึกษาว่าองค์ประกอบที่มี อิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน ดังนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพทางด้านร่างกาย ข้อบกพร่องทางกายและบุคลิกท่าทาง
 2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดา ความสัมพันธ์ของบิดามารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างลูก ๆ ด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว
 3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้านและฐานะทางบ้าน
 4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน
 5. องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของนักเรียนต่อการเรียน
 6. องค์ประกอบทางการปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัว การแสดงออกทางอารมณ์
- แคร์รอล (Carroll, 1963, pp. 723-733) ได้เสนอความคิดเกี่ยวกับอิทธิพลขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนโดยครู นักเรียน และหลักสูตรมาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยเชื่อว่าเวลาและคุณภาพของการสอนมีผลโดยตรงต่อปริมาณความรู้ที่นักเรียนได้รับ

ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า มีองค์ประกอบหลายประการที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นโดยตรงคือ วิธีสอนของครู

สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สาเหตุของการสอบตกและการออกจากโรงเรียนของนักเรียนในระดับประถมศึกษา ซึ่งเรวัตและคุปตะ (Rawat & Gupta, 1970, p. 39 อ้างถึงใน ผ่องใส ห่อทอง, 2538, หน้า 39) ได้กล่าวว่มาจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่

1. นักเรียนขาดความรู้สึกในการมีส่วนร่วมกับการเรียน
2. ความไม่เหมาะสมของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาของบุตร
4. นักเรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความยากจนของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำชั้น เพราะระบบการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่น ๆ เช่น การคมนาคมไม่สะดวก อพยพย้ายที่อยู่ เป็นต้น

สำหรับนักเรียนที่เรียนอ่อนวิชาคณิตศาสตร์ (วัชร บวรณสิงห์, 2525, หน้า 435) จะมีลักษณะดังนี้

1. ระดับสติปัญญา (I.Q.) อยู่ระหว่าง 75 ถึง 90 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 30
2. อัตราการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต่ำกว่านักเรียนคนอื่น ๆ
3. มีความสามารถทางการเรียนต่ำ
4. จำหลักเกณฑ์หรือความคิดรวบยอดเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปแล้วไม่ได้
5. มีปัญหาในการใช้ถ้อยคำ
6. มีปัญหาในการหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และการสรุปเป็นหลักเกณฑ์ทั่วไป
7. มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อย สืบเนื่องจากการสอบตกทางคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง
8. มีเจตคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียน โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์

9. มีความกดดันและสับสนต่อความล้มเหลวทางด้านการเรียนของตนเองและบางครั้งรู้สึกดูถูกตนเอง

10. ขาดความเชื่อมั่นในตนเอง

11. อาจมาจากสภาพครอบครัวที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากนักเรียนคนอื่น ๆ ซึ่งมีผลทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียน

12. ขาดทักษะในการฟังและไม่มีความตั้งใจเรียนหรือมีความตั้งใจเรียนเพียงชั่วระยะเวลาสั้น

13. มีข้อบกพร่องด้านสุขภาพ เช่น สายตาไม่ปกติ มีปัญหาทางด้านการฟังและข้อบกพร่องทางทักษะการใช้มือ

14. ไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนทั่ว ๆ ไป

15. ขาดความสามารถในการแสดงออกทางคำพูด ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คำถามที่แสดงให้เห็นว่าตนเองยังไม่เข้าใจในการเรียนนั้น ๆ

16. มีวุฒิภาวะค่อนข้างต่ำทั้งทางด้านอารมณ์และสังคม

สรุปได้ว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อการเรียนคณิตศาสตร์และมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนั้นเกิดจากปัจจัยหลายประการทั้งตัวผู้เรียน ครอบครัว และการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งครูควรจัดการเรียนการสอนที่สร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนที่มีความสามารถ สถิติปัญหาแตกต่างกัน สร้างเจตคติความรู้สึที่ดีในการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ดังนั้นครูควรจัดหาวิธีที่เหมาะสมมาพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดียิ่งขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

1. งานวิจัยในประเทศ สมหมาย บุญทองโท (2540, บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องเศษส่วนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบกลุ่มร่วมมือกันเรียนรู้ (TAI) กับการสอนตามปกติพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการสอนแบบกลุ่มร่วมมือกันเรียนรู้ (TAI) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนที่เรียนโดยการสอนแบบกลุ่มร่วมมือกันเรียนรู้ (TAI) และนักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามปกติมีความคงทนในการเรียนรู้ไม่ต่างกัน

สำรอง ใจชอบสันเทียะ (2541, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องบทประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอนด้วยวิธีสอนแบบแผนผังต้นไม้ 5 ลำดับชั้น วิธีสอนแบบ Missouri และวิธีสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนิคมสร้างตนเองกระเสีง 1 โรงเรียนบ้านหนองยาว โรงเรียนน้ำพุร้อน สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องบทประยุกต์ที่ปรับคะแนนก่อนเรียนแล้วของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบ Missouri และแบบแผนผังต้นไม้ 5 ลำดับชั้น อยู่ในระดับปานกลาง และที่เรียนด้วยวิธีปกติอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องบทประยุกต์ ที่ปรับคะแนนก่อนเรียนแล้วของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยวิธีสอนทั้ง 3 แบบแตกต่างกัน ด้านความคิดเห็นนักเรียนเห็นด้วยในระดับมากกับวิธีสอนแบบแผนผังต้นไม้ 5 ลำดับชั้น และแบบ Missouri ที่จะนำมาสอนเรื่องบทประยุกต์

พงษ์ลัดดา รักณรงค์ (2542, บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเองกับวิธีสอนแบบปกติที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ส่วนความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

สิรินทิพย์ พูลศรี (2542, บทคัดย่อ) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสร้างความคิดรวบยอดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าแผนการสอนที่สร้างขึ้นโดยใช้รูปแบบการสร้างความคิดรวบยอดเรื่องรูปทรงและปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก จำนวน 10 แผน แผนละ 3 คาบ ใช้เวลา 30 คาบ สามารถพัฒนากระบวนการสร้างความคิดรวบยอดของนักเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสร้างความคิดรวบยอด และนักเรียนที่เรียนโดยวิธีปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิธีคิดของนักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสร้างความคิดรวบยอดพบว่าวิธีคิดที่นักเรียนใช้จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ การสังเกตตัวอย่างและตั้งสมมติฐาน การจำแนกตัวอย่าง และเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่าง การหาลักษณะร่วมของตัวอย่าง

อภิชาติ จันทรสลวย (2542, บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เรื่องรูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการสอนโดยวิธีแบ่งกลุ่มตามสังกัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนและการสอนแบบวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนที่เรียนโดยวิธี

แบ่งกลุ่มตามสังกัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนและที่เรียนโดยวิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีแบ่งกลุ่มตามสังกัด สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ วิทยาศาสตร์

เกษมศรี ภัทรภูริสกุล (2544, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีสรณินิยม ผลการ ศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีสรณินิยมหลังการ ทดลองสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีสรณินิยมกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามทฤษฎีสรณินิยม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. งานวิจัยต่างประเทศ เบิร์ด (Bird, 1999, Abstract) ได้เปรียบเทียบวิธีสอน ระหว่างวิธีสอนแบบโครงงานผู้เรียน (project child) กับวิธีสอนแบบปกติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้าน ทักษะการคิดคำนวณวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 5 แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มทดลองสอนโดยวิธีสอนแบบโครงงานผู้เรียน กลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีสอน แบบปกติ ผลการศึกษาพบว่าทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ซูยานโต (Suyanto, 1999, Abstract) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (STAD) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3, 4 และ 5 จำนวน 664 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้วิธีแบ่งกลุ่มตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (STAD) กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติโดยการสอนนักเรียนทั้งชั้น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 5 ของกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ซูยาโต (Sueharto, 1999, Abstract) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประเทศอินโดนีเซีย กลุ่มทดลองได้รับการสอนตามแนว คอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติที่ใช้ในอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการประมวงงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศข้างต้น ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าการนำวิธีสอนต่างๆ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิด ลงปฏิบัติกิจกรรม และค้นพบความรู้ด้วยตนเองมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นครูจึงควรนำวิธีสอนต่าง ๆ มาปรับใช้ในการจัดการเรียนให้เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาได้อย่างเต็มศักยภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการสอนแบบ 4 MAT มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ การให้นิยามและความหมายของคำว่า “ความคิดสร้างสรรค์” นั้นมีผู้ให้ความหมายไว้หลายความหมายด้วยกัน ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกมาเสนอดังนี้

ทริฟฟิงเจอร์และแมทลิน (Treffinger, 1987, pp. 10-11 & Matlin, 1983, p. 250

อ้างถึงใน กานดา ทิววัฒน์ปกรณ์, 2543 , หน้า 7-10) ได้จัดกลุ่มนิยามความหมายของความคิดสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกันออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ 4 กลุ่มดังนี้ คือ

1. นิยามความคิดสร้างสรรค์ที่อธิบายในลักษณะของความสามารถในการคิด (cognitive abilities) มีผู้ให้นิยามหลายคนดังนี้

ทอร์เรนซ์ (Torrance) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์ ผลผลิต หรือสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ที่ไม่รู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ อาจเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์ แล้วรวบรวมความคิดเป็นสมมุติฐาน และทำการทดสอบสมมุติฐานแล้วรายงานผลที่ได้รับจากการค้นพบ

กิลฟอร์ด (Guilford) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแบบอบเนกนัย (divergent thinking) คือความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ลักษณะความคิดเช่นนี้ จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จด้วยความคิดแบบอบเนกนัยนี้ ประกอบด้วยความคิดริเริ่ม (originality) ความคล่องในการคิด (fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) และความละเอียดลออ (elaboration)

อารี พันธมณี กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดได้หลายแนวทาง ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิม ผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎี

หลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ไม่ใช่การคิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่ เป็นเหตุ เป็นผลอย่างเดียวกันเท่านั้น หากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความ แปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างจินตนาการให้เป็นไปได้ หรือที่เรียกว่า จินตนาการประยุกต์ จึงจะทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น

2. นิยามความคิดสร้างสรรค์ ที่อธิบายในลักษณะของความคิดแบบโยงสัมพันธ์ (association of ideas) มีผู้ให้ความหมายไว้หลายทัศนะดังนี้

เวสคอต และ สมิท (Wescott & Smith) ได้อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการ ทางสมองที่รวมการนำประสบการณ์เดิมของแต่ละคนมาจัดให้อยู่ในรูปใหม่ การจัดรูปใหม่ของ ความคิดนี้เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคน ไม่จำเป็นจะต้องเป็นสิ่งใหม่ระดับโลกก็ได้

วอลลาซ และ โคแกน (Wallach & Kogan) ให้นิยามความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความ คิดโยงสัมพันธ์ (association) คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ คือ คนที่สามารถคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์ เป็นลูกโซ่ เช่น เมื่อเห็นปากกา จะนึกถึง กระดาษ ดินสอ ขวดหมึก โต๊ะ ตำรา สมุดบันทึก ฯลฯ ยิ่ง คิดได้มากเท่าใด ก็ยิ่งแสดงถึงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์มากขึ้นเท่านั้น

เมดนิค (Mednik) อธิบายความคิดสร้างสรรค์ในรูปของกระบวนการคิดแบบ "โยง สัมพันธ์" ระหว่างสิ่งเร้า (s) กับการตอบสนอง (r) (formation of association between stimuli and responses) ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะเป็นผู้ที่สามารถคิด "โยงสัมพันธ์" ระหว่างสิ่ง เร้ากับการตอบสนองต่าง ๆ นานา ที่แปลกใหม่ได้มากกว่า และมีประสิทธิภาพกว่าผู้ที่คิดในทิศทาง เดียว ด้วยเหตุนี้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นผู้ที่สามารถคิดหาและค้นพบความสัมพันธ์ใหม่ ๆ ระหว่างสิ่งต่าง ๆ มีความสามารถในการแก้ปัญหา และผลิตผลงานใหม่ ๆ

3. นิยามความคิดสร้างสรรค์ที่อธิบายในลักษณะของการแก้ปัญหา (problem solving) มีผู้ให้นิยามไว้หลายท่านดังนี้

สปาคเกอร์ (Spraker) กล่าวว่า การสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่จะคิดวิธีแปลก ๆ ใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา

ออสบอร์น (Osborn) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (applied imagination) คือ เป็นจินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาย่างยากที่คนประสบแต่ ไม่ใช่เป็นจินตนาการที่ฟุ้งซ่าน เลื่อนลอย ความคิดเชิงจินตนาการอย่างเดียวไม่ทำให้เกิดผลผลิต สร้างสรรค์ ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นความคิดจินตนาการควบคู่ไปกับความอุตสาหะพยายามจึง จะทำให้งานสร้างสรรค์สำเร็จลงได้

3. นิยามความคิดสร้างสรรค์อธิบายในลักษณะของบุคลิกภาพ (personality) มีผู้ให้ความหมายหลายทัศนะดังนี้

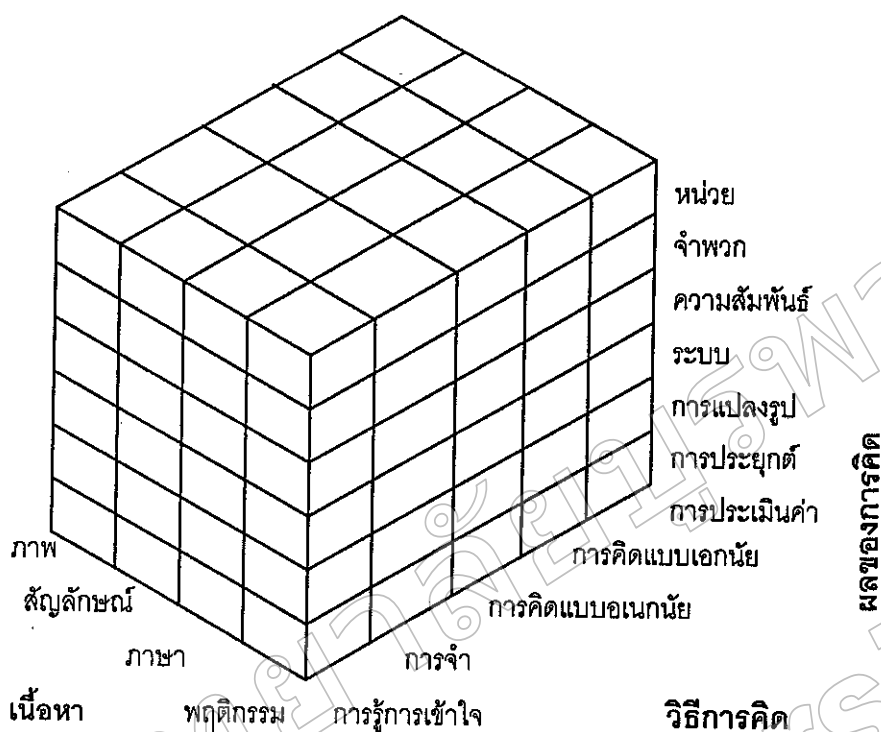
แมคคินนอน (Mackinnon) ได้ศึกษาคุณลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์พบว่า ผู้มีความคิดสร้างสรรค์จะเป็นผู้ที่ตื่นตัวอยู่เสมอตลอดเวลา มีความสามารถในการใช้สมาธิ มีความสามารถในการพินิจพิเคราะห์ และมีความถี่ถ้วนในการแก้ปัญหา รวมทั้งมีความสามารถในการสอบสวน ค้นหารายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดอย่างละเอียด กว้างขวางคุณลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ เป็นผู้ที่จะเปิดรับประสบการณ์อย่างไม่หลีกเลี่ยงชอบแสดงมากกว่าที่จะเก็บกด ตลอดจนมีแนวโน้มที่จะชอบรับรู้มากกว่าชอบตัดสิน

แอนเดอร์สัน (Anderson) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมของบุคคลซึ่งแสดงความคิดใหม่ ๆ อันเป็นการกระทำของบุคคลที่เลือกมาจากประสบการณ์ทั้งหมดที่ผ่านมา เพื่อสร้างรูปแบบอย่างใหม่ ความคิดใหม่หรือผลผลิตใหม่และถือว่าทุกคนเกิดมาพร้อมมีศักยภาพทางการสร้างสรรค์ซึ่งสามารถพัฒนาได้ในทุกระดับ อายุ และทุกสาขาวิชา ถ้าจัดประสบการณ์ให้เหมาะสม

จากแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษาต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว อาจสรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดออกแบบต่อเติม ผสมผสาน ดัดแปลง และหาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่าง ๆ ที่แปลกออกไป กว้างไกลและหลายทิศทาง

ทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

1. ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา (structure of intellect theory) เป็นแนวคิดของ กิลฟอร์ด นักจิตวิทยาชาวอเมริกันคนแรกที่ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ กิลฟอร์ดได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาหรือเรียกอีกอย่างว่า แบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง ดังภาพ



ภาพที่ 14 แบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (อาร์ พันธ์มณี, 2540, หน้า 28)

จากภาพแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาได้แบ่งสมรรถภาพทางสมองออกเป็น 3 มิติ (อาร์ พันธ์มณี, 2540, หน้า 29-33) ดังนี้

มิติที่ 1 เนื้อหา (content) หมายถึง มิติด้านเนื้อหา ข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในการคิด ที่สมองรับเข้าไปคิด แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

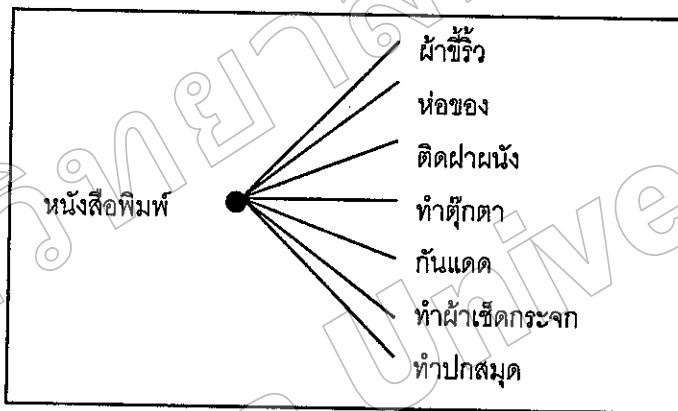
1. ภาพ (figural) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม หรือรูปที่แน่นอนซึ่งบุคคลสามารถรับรู้ และทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิดได้ เช่น ภาพ เป็นต้น
2. สัญลักษณ์ (symbolic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น อักษร ตัวเลข โฉตดนตรี รวมทั้งสัญญาณต่าง ๆ ด้วย
3. ภาษา (semantic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปของถ้อยคำที่มีความหมาย ต่าง ๆ กัน สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้ เช่น พ่อ แม่ เพื่อน ชอบ โกรธ เสียใจ เป็นต้น
4. พฤติกรรม (behavioral) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นการแสดงออก กิริยา อากักร การกระทำที่สามารถสังเกตเห็น รวมทั้งทัศนคติ การรับรู้ การคิด เป็นต้น เช่น การยิ้ม การหัวเราะ การสั่นศีรษะ การแสดงความคิด เป็นต้น

มิติที่ 2 วิธีการคิด (operation) หมายถึง มิติที่แสดงถึงลักษณะกระบวนการทำงานของสมอง แบ่งออกตามลำดับได้ 5 ลักษณะ ดังนี้

1. การรู้การเข้าใจ (cognition) หมายถึง ความสามารถในการตีความหมายของสมอง เมื่อเห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้ เข้าใจในสิ่งนั้น และบอกได้ว่าเป็นอะไร เช่น เมื่อเห็น ของเด็กเล่น รูปร่างกลม ทำด้วยยางผิวเรียบกับบอกได้ว่าเป็นลูกบอล

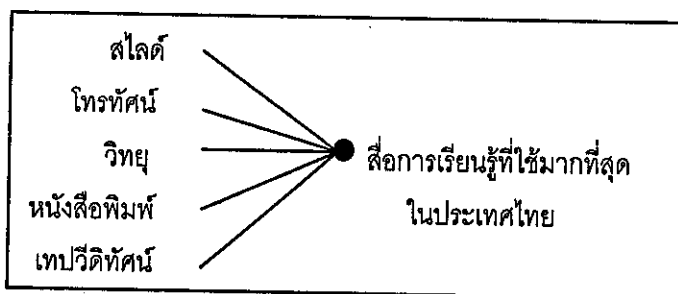
2. การจำ (memory) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่าง ๆ ไว้ได้ และสามารถระลึกได้เมื่อต้องการ เช่น การจำสูตรคูณ การจำหมายเลขประจำตัว

3. การคิดแบบบอเนกนัยหรือความคิดกระจาย (divergent thinking) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายรูปแบบ หลายมุม แตกต่างกันไป เช่น หนังสือพิมพ์ ใช้ทำอะไรได้บ้าง ให้บอกมาให้มากที่สุด ผู้ที่คิดได้มากแปลกมีคุณค่า คือผู้ที่มีความคิดบอเนกนัย และกิลฟอร์ด (Guilford) ได้อธิบายว่า ความคิดบอเนกนัยก็คือความคิดสร้างสรรค์นั่นเอง ดังภาพ



ภาพที่ 15 แสดงความคิดแบบบอเนกนัย (อารี พันธัมณี, 2540, หน้า 30)

4. ความคิดแบบเอกนัยหรือความคิดรวม (convergent thinking) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุด จากข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่กำหนดและคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งมีเพียงคำตอบเดียว ดังภาพ



ภาพที่ 16 แสดงความคิดแบบเอกนัย (อารี พันธัมณี, 2540, หน้า 31)

5. การประเมินค่า (evaluation) หมายถึง ความสามารถในการตีราคาลงสรุปโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิตินี้ 3 ผลของการคิด (product) หมายถึง มิตินี้แสดงถึงผลที่ได้จากการทำงานของสมอง เมื่อสมองได้รับข้อมูลจากมิตินี้ 1 แล้วใช้ความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลหรือ สิ่งเร้าที่ได้รับในมิตินี้ 2 แล้วผลที่ได้จะออกมาเป็นมิตินี้ 3 หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างว่า ผลของการคิดที่เกิดจากการทำงานของมิตินี้ 1 และมิตินี้ 2 ซึ่งผลของการคิดแบ่งออกเป็น 6 ลักษณะ ดังนี้

1. หน่วย (unit) หมายถึง สิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ เช่น คน แมว สุนัข เป็นต้น

2. จำพวก (classes) หมายถึง ประเภทหรือจำพวกหรือกลุ่มของหน่วยที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะร่วมกัน เช่น สัตว์ เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ คน สุนัข ช้าง หรือประเภทผลไม้ ได้แก่ เงาะ กล้วย สาลี่ เป็นต้น

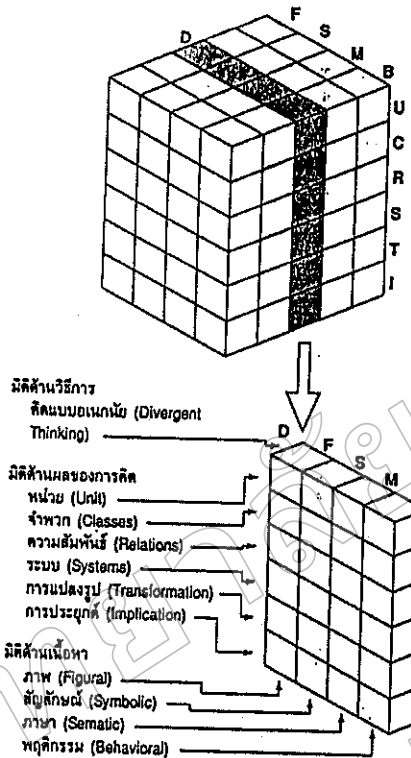
3. ความสัมพันธ์ (relations) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดสองประเภท หรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ ความสัมพันธ์นี้อาจจะอยู่ในรูปของหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก หรือระบบกับระบบก็ได้ เช่น คนคู่กับบ้าน นกคู่กับรัง ปลาคู่กับน้ำ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับที่อยู่อาศัย

4. ระบบ (systems) หมายถึง การจัดประเภทสิ่งเร้าต่าง ๆ ให้เป็นระบบแบบแผน เช่น 1, 3, 5, 7, 9 เป็นระบบเลขคู่

5. การแปลงรูป (transformations) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปรับปรุงหรือการจัดองค์ประกอบของสิ่งเร้า หรือข้อมูลออกมาในรูปใหม่ เช่น การเปลี่ยนรูปสี่เหลี่ยมเป็นเส้นตรง 4 เส้น

6. การประยุกต์ (implications) หมายถึง ความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ขยายความเพื่อการพยากรณ์ คาดคะเนหรือทำนายจากข้อมูลที่กำหนดไว้

จากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาจะเห็นว่า สติปัญญาเป็นสิ่งที่เกิดจากการ รวมกันของมิตินี้ทั้ง 3 และพบว่าในมิตินี้ 2 วิธีการคิดเป็นความคิดสร้างสรรค์ก็คือ การคิดแบบอนैनัย และเมื่อนำมาคิดอเนกนัยไปสัมพันธ์กับมิตินี้ด้านเนื้อหาที่มีองค์ประกอบย่อย 4 ประการ และมิตินี้ด้านผลของความคิด ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย 6 ประการ จะได้ความสามารถหรือเซลล์ 24 แบบ หรือ 24 เซลล์ ($1 \times 4 \times 6$) ดังภาพประกอบ (สมศักดิ์ ภูวภาดาบรรณ, 2537, หน้า 12)



ภาพที่ 17 แสดงโครงสร้างทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์
(สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ, 2537, หน้า 12)

จากภาพที่ 17 โดยเฉพาะภาพล่างเป็นภาพที่เป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีทั้งหมด 24 แบบ ดังนั้น การวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวของกิลฟอร์ด (Guilford) จึงมุ่งความสามารถ 24 แบบเป็นสำคัญ (สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ, 2537, หน้า 16)

2. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของมนุษยนิยม ผู้ที่มีบทบาทสำคัญของแนวคิดกลุ่มนี้ คือ มาสโลว์ (Maslow) และ โรเจอร์ส (Rogers) โดยมีแนวคิดว่าการที่บุคคลจะสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้นั้นกลุ่มมนุษยนิยมได้เน้นถึงสถานการณ์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ จะประกอบด้วย

2.1 ภาวะความปลอดภัยทางจิต กล่าวคือ

2.1.1 การยอมรับในค่าของคน เคารพในสิทธิและความคิดเห็น

2.1.2 ไม่มีการตีราคาประเมิน หรือเปรียบเทียบความคิดเห็นผลงานทุกคนทำงานด้วยความสบายใจ ไม่ต้องหวั่นวิตก และเกรงการลงโทษ หรือตำหนิ

2.1.3 ความมั่นใจในตนเอง มีแนวโน้มที่จะตัดสินใจด้วยตนเอง และเต็มใจที่จะรับผิดชอบในความสำเร็จหรือความล้มเหลวของตนเองได้

2.2 ภาวะที่มีเสรีภาพในการแสดงออก กล่าวคือ

2.2.1 มีจิตใจกว้างที่จะรับประสบการณ์ เต็มใจจะรับรู้ความคิด มีความสนใจต่อเหตุการณ์และความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโลก รวมทั้งประเด็นข้อถกเถียงที่ยังไม่ยุติ

2.2.2 ปราศรณนาที่จะเล่นกับความคิดและสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ

3. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ตามแนวความคิดของสิ่งแวดล้อม ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1967 อ้างถึงใน ลอ อางนันทน์, 2542, หน้า 49) ผู้นำทางความเชื่อเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้เสนอแนะวิธีเพิ่มความสามารถทางสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนโดยการให้ครูยอมรับคำถามและความคิดแปลก ๆ ใหม่ ๆ ของนักเรียน พร้อมทั้งแสดงให้เห็นว่า ความคิดของเขามีคุณค่าเปิดโอกาสและให้ความเชื่อถือในความคิดของนักเรียน โดยไม่เคร่งครัดกับระบบประเมินผลที่แน่นอนตายตัวเกินไป แนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมนี้ได้รับความสนใจจากนักวิจัยและทำการศึกษาทั้งในวงการธุรกิจอุตสาหกรรม โรงเรียน ตลอดจนในบ้าน สำหรับในวงการธุรกิจอุตสาหกรรม นักจิตวิทยาพบว่าวิธีการระดมพลังสมอง (brainstorming) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มพฤติกรรมทางสร้างสรรค์ให้กับลูกจ้างได้ โดยเปิดโอกาสให้ทุกคนในกลุ่มได้แสดงความคิดของแต่ละคนอย่างอิสระปราศจากการวิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้ได้รับความคิดเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าวิธีการแก้ปัญหาโดยทั่วไป สำหรับการศึกษาสภาพแวดล้อมในบ้านนั้น จากการศึกษาสภาพครอบครัวของเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำพบว่าสภาพแวดล้อมภายในบ้านมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก กล่าวคือเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง จะเป็นเด็กที่อยู่ในบ้านที่มีบรรยากาศประชาธิปไตยไม่เคร่งครัดในระเบียบจนเกินไป ซึ่งตรงกันข้ามกับเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำ มักจะมาจากบ้านที่พ่อแม่เคร่งครัดในกฎระเบียบหรือมีปัญหาภายในครอบครัวและจากการศึกษาของ วอลลาซ และ โคแกน (Wallach & Kogan, 1965 อ้างถึงใน ลอ อางนันทน์, 2542, หน้า 50) เกี่ยวกับบรรยากาศในโรงเรียนพบว่า กลุ่มเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงและมีสติปัญญาต่ำ จะมีความสามารถทางสติปัญญาลดต่ำลงภายใต้สถานการณ์การสอบที่เคร่งครัด และในทางตรงกันข้ามถ้าอยู่ภายใต้สถานการณ์การสอบที่มีความรู้สึกเป็นอิสระ ไม่มีความเคร่งเครียด กลับมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น (Bloombert, 1973, pp. 7-9 อ้างถึงใน ดิลก ดิลกานนท์, 2534, หน้า 9-12)

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมานี้สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะการคิดอเนกนัย เป็นทักษะที่มีอยู่ในบุคคลซึ่งความคิดสร้างสรรค์สามารถที่จะพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวบุคคลได้ โดยขึ้นอยู่กับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่ได้รับเป็นสำคัญ

ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ ความคิดสร้างสรรค์นี้มีผู้กล่าวถึง ความสำคัญไว้หลายท่านดังนี้

เจอร์ซิล (Jersild, 1972, pp. 153-158 อ้างถึงใน กานดา ทิววัฒนปกรณ์, 2543, หน้า

12) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์มีส่วนช่วยในการส่งเสริมเด็กในด้านต่าง ๆ ได้แก่

1. ส่งเสริมสุนทรียภาพ เด็กจะรู้จักชื่นชมและมีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งผู้ใหญ่ควรทำเป็นตัวอย่างโดยการยอมรับและชื่นชมในผลงานของเด็กการพัฒนาสุนทรียภาพแก่เด็ก โดยให้เด็กเห็นว่าทุก ๆ อย่างมีความหมายสำหรับตัวเขา ส่งเสริมให้รู้จักสังเกตสิ่งที่แตกต่างจากสิ่งธรรมดาสามัญให้ได้ยินในสิ่งไม่เคยได้ยิน และหัดให้เด็กสนใจในสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

2. เป็นการผ่อนคลายอารมณ์ การทำงานสร้างสรรค์เป็นการผ่อนคลายอารมณ์ลดความกดดัน ความคับข้องใจ และความก้าวร้าวลง

3. สร้างนิสัยในการทำงานที่ดี ขณะที่เด็กทำงานควรควรสอนระเบียบและนิสัยที่ดีในการทำงานควบคู่ไปด้วย เช่น หัดให้เด็กรู้จักเก็บของเป็นที่ ล้างมือเมื่อทำงานเสร็จแล้ว เป็นต้น

4. เป็นการพัฒนากล้ามเนื้อมือ เด็กจะสามารถพัฒนากล้ามเนื้อใหญ่จากการเล่น การเคลื่อนไหว การเล่นเกม และพัฒนากล้ามเนื้อเล็กจากการตัดกระดาษ ประดิษฐ์ภาพ วาดภาพ ด้วยนิ้วมือ การต่อภาพ การเล่นเกมดานตะปู

5. เปิดโอกาสให้เด็กได้สำรวจ ค้นคว้า ทดลอง เด็กจะชอบทำกิจกรรมและใช้วัตถุต่าง ๆ ขำ ๆ กัน เพื่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นโอกาสที่เด็กจะใช้ความคิดริเริ่ม และจินตนาการของเขาสร้างสิ่งใหม่ ๆ ขึ้น ครูจึงควรจัดหาวัสดุต่าง ๆ ไว้ให้เด็กมีโอกาสดำเนินการทดลองของตน เช่น กล้องยา สีสัน เปลือกไข่และเศษวัสดุเหลือใช้ เพื่อให้เขาฝึกสมมติเป็นนักก่อสร้างหรือสถาปนิก

อาร์ พันธ์มณี (2540, หน้า 69-70) กล่าวว่า การศึกษาเพื่อความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งจำเป็นในสังคมปัจจุบันเพราะสังคมเปลี่ยนแปลงมีปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นตลอดเวลาเด็กจะต้องได้รับการฝึกให้รู้จักการคิดใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องพบในชีวิตประจำวัน

จากความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะที่สำคัญควรได้รับการส่งเสริมและปลูกฝังให้กับเด็กเนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ช่วยสร้างลักษณะนิสัยที่ดีให้กับเด็ก ช่วยผ่อนคลายอารมณ์ทั้งยังช่วยให้เด็กได้พัฒนาด้านร่างกายสติปัญญา เด็กได้สังเกตสำรวจ ค้นคว้า และทดลอง เป็นผลให้เด็กสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตและดำเนินชีวิตได้อย่างมีความสุข

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967, p. 62) ซึ่งเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้อย่างซับซ้อนกว้างไกลหลายทิศทางหรือเรียกว่าความคิดนอกเนกนัย ซึ่งประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่องตัว และความคิดละเอียดลออ

กิลฟอร์ด (Guilford, 1969, pp. 145-151 อ้างถึงใน นานนรี พักพวน, 2540, หน้า 15) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้เป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรับปรุงผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับ ซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน แบ่งเป็น 4 ประเภท

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (word fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำ

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (associational fluency) เป็นความสามารถที่คิดจะหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก (expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค และนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดให้

3. ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิดโดยแบ่งออกเป็น

3.1 ความยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นได้ทันที (spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่พยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของผู้ที่มีความยืดหยุ่นนี้ อาจได้แก่วิธีประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ว่ามีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะได้เพียงทิศทางเดียว คือเพื่อรู้ข่าวสาร

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (adapter flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นจะดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

กิลฟอร์ด และ ฮอฟเนอร์ (Guilford & Hoepfner, 1971, pp. 125-143) ได้ศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เพิ่มเติมและพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ต้องมีองค์ประกอบอย่างน้อย 8 องค์ประกอบคือ

1. ความคิดริเริ่ม (originality)
2. ความคิดคล่องตัว (fluency)
3. ความคิดยืดหยุ่น (flexibility)
4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration)
5. ความคิดไวต่อปัญหา (sensitivity of problem)
6. ความสามารถในการให้นิยามใหม่ (redefinition)
7. ความซึมซาบ (penetration)
8. ความสามารถในการทำนาย (prediction)

สุรศักดิ์ หลาบมาลา (2541, หน้า 38-39) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์อาจจะมองได้ว่าเป็นความสามารถพิเศษและเป็นเจตคติต่อชีวิตซึ่งเห็นได้มากในเด็กเล็ก ๆ ที่อยากคิดอยากทำ อยากรู้ไปเสียหมด แต่จะหายไปเมื่อเติบโตขึ้น เพราะถูกผู้ใหญ่คอยห้ามตลอดเวลา ความคิดสร้างสรรค์เกิดจากความสามารถ 3 ประการ คือ

1. ความสามารถในการสังเคราะห์ (synthetic ability) คือความสามารถที่จะคิดอะไรได้มากกว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นปกติ ได้อะไรใหม่ ๆ ขึ้นมาซึ่งคนอื่น ๆ มองไม่เห็น เช่น เห็นสายไฟ เห็นแผ่นพลาสติก เห็นมอเตอร์ อาจจะจับรวมกันทำเป็นพัดลมได้

2. ความสามารถในการวิเคราะห์ (analytical ability) มักจะเรียกกันว่าความคิดวิเคราะห์ (critical thinking) คือความสามารถในการคิดแยกแยะออกเป็นส่วน ๆ และมีการประเมินผล มองเห็นจุดดี คิดนำจุดดีไปใช้ประโยชน์และอาจจะทดลองทำเสียเข้าไป

3. ความสามารถในทางปฏิบัติ (practical ability) คือความสามารถในการเปลี่ยนทฤษฎีเป็นปฏิบัติหรือเปลี่ยนความคิดเชิงนามธรรมเป็นรูปธรรม

จะเห็นได้ว่านักการศึกษาหลายท่านให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้คล้ายคลึงกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มีหลายลักษณะ ได้แก่ ลักษณะความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ จัดเป็นลักษณะความคิดแบบอเนกนัย (divergent thinking) นั่นเอง

คุณลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ศึกษาคุณลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้โดยมีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

แกริสัน (Garrison, 1964 อ้างถึงใน ทิวัตน์ นกบิน, 2542, หน้า 13) ได้อธิบายถึงลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. สนใจปัญหา ยอมรับความเปลี่ยนแปลง กล้าที่จะเผชิญปัญหา กระตือรือร้นที่จะแก้ปัญหา ตลอดจนหาทางปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ
2. มีความสนใจกว้างขวาง ทันต่อเหตุการณ์ เอาใจใส่หาความรู้เพิ่มเติม ยอมรับข้อคิดเห็นจากข้อเขียนต่าง ๆ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการพิจารณาปรับปรุงงานของตน
3. ชอบคิดหาหนทางแก้ปัญหาไว้หลายทาง เตรียมทางเลือกสำหรับการแก้ปัญหาไว้มากกว่าหนึ่งวิธี เพื่อสะดวกในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์
4. มีสุขภาพสมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ
5. ยอมรับและเชื่อในบรรยากาศและสภาพแวดล้อม มีผลกระทบต่องานความคิดสร้างสรรค์ การจัดบรรยากาศ สถานที่ และสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะสามารถจัดสิ่งรบกวนและช่วยให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นไปด้วยดี

รักเจียโร (Ruggiero, 1984, pp. 82-92) ได้ทำการวิจัยพบว่าผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นผู้ที่ไม่อยู่นิ่ง (dynamic) มีความอยากรู้อยากเห็น สนุกสนานและชอบประสบการณ์ที่แปลกใหม่
2. เป็นคนกล้าหาญ (daring) ชอบผจญภัย เรียกว่าเป็นประสบการณ์เปิด เช่น กาลีเลโอ โคลัมบัส เอ็ดิสัน
3. เป็นคนเจ้าความคิด (resourceful) มีความสามารถที่จะคิด และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ด้วยตนเอง
4. ทำงานหนัก (hard working) มีความมานะพยายาม
5. เป็นอิสระ (independent) มีความคิดแตกต่างจากคนอื่น

จากแนวคิดดังกล่าว สรุปได้ว่าคุณลักษณะของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นคนที่มีความช่างสังเกต มีความอยากรู้อยากเห็น ชักถามในสิ่งที่สงสัย ชอบสำรวจค้นคว้า ประดิษฐ์คิดค้น กล้าแสดงออก มีความเป็นตัวของตัวเองในการคิด การกระทำ การแก้ปัญหา มีความสามารถในการหยั่งรู้ มีความมุ่งมั่น อดทนในการสร้างสิ่งใหม่ ๆ และมีอารมณ์ขันอยู่เสมอ ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวเด็กได้ โดยการส่งเสริมให้เด็กกล้าคิด กล้าแสดงออกอย่างเสรี

พัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ของเด็กประถมศึกษา จากแนวคิดที่ว่าความคิดสร้างสรรค์ส่งเสริมให้พัฒนาได้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้เจริญต่อเนื่องถึงวัยผู้ใหญ่ต่อไป พัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ในวัยต่าง ๆ ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1962, pp. 84-103 อ้างถึงใน ชูจิต ตันอรธนาวิน, 2528, หน้า 12) ได้ศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของเด็กในวัยประถมศึกษาไว้ดังนี้

1. อายุ 6 ปี ถึง 8 ปี ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กจะลดลงในระยะของการเรียนชั้นประถมปีที่ 1 แต่เด็กวัยนี้จะรักการเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้น เอาแต่ใจตนเองใช้ตัวเองเป็นศูนย์กลาง ระยะนี้เป็นช่วงเวลาที่会使ความคิดสร้างสรรค์ผ่านบทเรียน นิทานหรือการอภิปราย ผู้ใหญ่ควรช่วยให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นของตนเองและคอยตอบคำถามต่าง ๆ ของเด็ก
2. อายุ 8 ปี ถึง 10 ปี เด็กวัยนี้มีทักษะในการคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นและสามารถนำความคิดนั้นไปใช้ได้จริง ๆ เด็กมักจะเลียนแบบวีรบุรุษ สามารถกระตุ้นให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือทักษะอื่น ๆ เพื่อช่วยเพื่อนฝูง เด็กสามารถทำงานที่ยากขึ้นได้ รู้จักถามปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น รู้จักคิดมากขึ้น มีความกังวลใจในสิ่งที่ตนเองทำไม่ได้ และจะรู้สึกเสียใจถ้าไม่ได้รับความยุติธรรม เด็กวัยนี้ต้องการโอกาสที่จะได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ ผู้ใหญ่ควรให้โอกาสนี้แก่เด็ก พร้อมทั้งแสดงให้เด็กเห็นด้วยว่าความคิดของแกเป็นประโยชน์ แต่เด็กก็ต้องการคำแนะนำสนับสนุนและปลอบโยนด้วยเมื่อต้องทำงานที่ยากมาก ๆ วัยนี้เป็นวัยที่เด็กควรเรียนรู้ว่าตนเองไม่สามารถทำทุกสิ่งทุกอย่างได้
3. อายุ 10 ปี ถึง 12 ปี เด็กจะชอบอ่านหนังสือและอยู่หนึ่ง ๆ ได้นานขึ้น สามารถอ่านหนังสือหรือใช้ความคิดได้ทีละนาน ๆ เป็นวัยที่มีพัฒนาการด้านศิลปะและดนตรีได้อย่างรวดเร็ว เด็กวัยนี้มักจะชอบลงมือทำทุกสิ่งทุกอย่างด้วยตนเอง มีความคิดที่ละเอียดลึกซึ้งถึงข้อปลีกย่อยต่าง ๆ และมีความจำดี สามารถแปลงหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ ลงความเห็นคิดประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ ได้ ถ้าเป็นงานที่ทำหายเด็กควรมีโอกาสได้แสดงความสามารถด้านต่าง ๆ ที่มีอยู่ระยะนี้เป็นเวลาที่

สมควรสำรวจปรัชญาในในตัวเด็กรวมทั้งเป็นเวลาที่สมควรกระตุ้นให้เด็กหัดทำงานยาก ๆ และหัดตัดสินใจ

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ความคิดสร้างสรรค์ได้ก้าวจากสิ่งมหัศจรรย์และพรสวรรค์ของบุคคลมาเป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาให้เพิ่มพูนขึ้นได้ การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์อาจจะทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีผู้เสนอวิธีการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายคนดังนี้

ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1959 อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี, 2540, หน้า 85-86) นักจิตวิทยาและนักศึกษาวชาวอเมริกัน เป็นผู้สนใจศึกษาวิจัยเรื่องความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนการสอนไว้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งได้เสนอหลักในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายประการ ซึ่งทอร์เรนซ์เน้นที่ตัวครูกับตัวนักเรียน ความปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญ ดังนี้

1. ส่งเสริมให้เด็กถาม และให้ความสนใจต่อคำถาม และคำถามที่แปลก ๆ ของเด็กครูไม่ควรมุ่งที่คำตอบที่ถูกแต่เพียงอย่างเดียว เพราะในการแก้ปัญหาแม้จะใช้วิธีเดาเสี่ยงบ้างก็ควรจะยอมแต่ควรกระตุ้นให้เด็กได้วิเคราะห์ค้นหาเพื่อพิสูจน์การเดา ควรใช้การสังเกตและประสบการณ์ของเด็กเอง
2. ตั้งใจฟัง และเอาใจใส่ต่อความคิดแปลก ๆ ของเด็กด้วยใจเป็นกลางเมื่อเด็กแสดงความคิดเห็นในเรื่องใด แม้จะเป็นความคิดที่ยังไม่เคยได้ยินมาก่อน ผู้ใหญ่อย่าเพิ่งตัดสินและรื้อถอนความคิดนั้น แต่รับฟังไว้ก่อน
3. กระตุ้นหรือรับต่อคำถามที่แปลก ๆ ของเด็กด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวาหรือชี้แนะให้เด็กหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง
4. กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ควรให้อิสระและเตรียมการให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเอง และยกย่องเด็กที่ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูอาจจะเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ชี้แนะลดการอธิบายลงบ้าง แต่เพิ่มการให้นักเรียนมีส่วนร่วมริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ โดยไม่ต้องใช้วิธีชี้ด้วยคะแนน หรือการสอบ การตรวจสอบ เป็นต้น

โรเจอร์ส (Rogers, 1970 อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี, 2540, หน้า 83-85) ได้เสนอแนะการสร้างสถานการณ์ที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นได้ไว้ดังนี้

1. ความรู้สึกปลอดภัยทางจิต ซึ่งจะสร้างได้ด้วยกระบวนการที่สัมพันธ์กัน 3 อย่างคือ
 - 1.1 ยอมรับในคุณค่าของแต่ละบุคคลอย่างไม่มีเงื่อนไข ครู พ่อแม่ หรือบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเด็กต้องยอมรับในความสามารถของเด็กในแต่ละคนและเชื่อมั่นในตัวเด็กอย่างไม่มี

เงื่อนไข ทำให้เด็กเกิดความรู้สึกมั่นคงปลอดภัย เริ่มเรียนรู้ว่าตนสามารถจะเป็นอะไรก็ได้ที่อยากจะ เป็นโดยไม่ต้องเสแสร้ง การที่ พ่อแม่ ครู มีข้อจำกัดต่าง ๆ ไม่มากนัก ทำให้เด็กสามารถค้นพบสิ่ง ต่าง ๆ ที่มีคุณค่าหรือมีความหมายสำหรับตนเองและสร้างความสำเร็จใหม่ ๆ ให้แก่ตนเอง และทำ ได้เอง โดยไม่มีใครกระตุ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือเขากำลังมุ่งไปสู่การคิดแบบสร้างสรรค์

1.2 สร้างบรรยากาศที่ไม่ต้องมีการวัดผลและประเมินผลจากภายนอกเมื่อไม่มีการ วัดผล และประเมินผลจากภายนอก หรือจากมาตรฐานอื่น ๆ ก็จะทำให้เด็กเกิดความรู้สึกเป็นอิสระ เป็นตัวของตัวเอง และกล้าแสดงทั้งความคิด และกระทำอย่างสร้างสรรค์ได้โดยทั่วไป การวัดผล มักจะหมายถึงการข่มขู่ทำให้เด็กกลัว ซึ่งมักจะทำให้เกิดความต้องการที่จะปกป้องตนเอง และมัก จะหมายความว่าผลของการกระทำบางส่วนจะต้องถูกปฏิเสธ ไม่รู้ แต่ถ้าผลของการกระทำนี้ถูก ประเมินจากเกณฑ์ภายนอกว่าดี เด็กก็จะไม่ยอมรับว่าเขาเคยมีความเกลียดชังต่อการกระทำนั้น มาก่อน ถ้าวัดผลออกมาว่าการกระทำนั้นไม่ดีเด็กก็จะไม่ยอมรับว่านั่นเป็นการกระทำของตัวเอง หรือเป็นส่วนหนึ่งของเขา แต่ถ้าไม่มีการประเมินผลจากภายนอกแล้วเด็กสามารถที่จะเปิดใจให้ กว้างต่อประสบการณ์ของตนเองยอมรับในสิ่งที่ตนเองชอบ และไม่ชอบ ยอมรับในธรรมชาติของ วัตถุ และปฏิกิริยาตอบสนองของตนที่มีวัตถุนั้น เด็กจะเริ่มรู้จักประเมินผลด้วยตนเอง ซึ่งหมายถึง ว่าเด็กกำลังก้าวไปสู่การสร้างความรู้สึกรู้จักคิดอย่างสร้างสรรค์

1.3 ความเข้าใจเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างความรู้สึกลดภัย สำหรับประการ สุดท้ายถ้าเราบอกใครสักคนว่าเรายอมรับเขาแต่เราไม่รู้อะไรในตัวเขาเลยจะแสดงให้เห็นว่าการ ยอมรับอย่างตื้น ๆ และคน ๆ นั้นก็ตระหนักดีว่าการยอมรับของเราต้องเปลี่ยนไป เมื่อเรารู้อะไร เกี่ยวกับตัวเขา แต่ถ้าเราเข้าใจเขาเห็นใจเขา และเข้าใจความรู้สึกของเขาเข้าไปสู่โลกส่วนตัวของ เขา และมองอย่างที่เขามอง และยังคงยอมรับเขาอยู่จะทำให้เขาเกิดความรู้สึกปลอดภัย บรรยายกาศอย่างนี้จะทำให้เขายอมรับตัวเขาจริง ๆ และการแสดงออกต่าง ๆ ของเขา รวมทั้งการ สร้างสรรค์สิ่งแปลก ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับโลกของเขาด้วย

2. ความเป็นอิสระทางจิต เมื่อครู พ่อแม่ และบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเด็กยอมรับใน การแสดงออกอย่างอิสระของเด็กแต่ละคน นั้นเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์แล้ว การยอมรับ นี่เป็นการให้อิสระภาพแก่ทุกคนในการที่จะคิด รู้สึกเป็นอะไรก็ตามที่อยู่ในตัวเขาเป็นการส่งเสริม ความเปิดเผย และการแสดงออก และวิธีการรับรู้สร้างสรรค์สิ่งกับและความหมายโดยตนเอง ซึ่ง เป็นส่วนหนึ่งของความคิดสร้างสรรค์

ฮอลล์แมน (Hallman, 1971, pp. 220-224 อ้างถึงใน ดิลก ดิลกานนท์, 2534, หน้า 21) ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการพัฒนาความสามารถในการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์แก่นักเรียน ดังนี้

1. ให้นักเรียนมีโอกาสดูแลเรียนรู้ด้วยความคิดริเริ่มของตนเอง ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากเป็นผู้ค้นพบ และอยากทดลอง
 2. จัดบรรยากาศในการเรียนรู้แบบเสรี ให้นักเรียนมีอิสระในการคิดและแสดงออก มีอิสระในการศึกษาค้นคว้าในกรอบของความสนใจ และความสามารถของเขา ครูต้องไม่กระทำตัวเป็นเผด็จการทางความคิด
 3. สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น โดยการให้ข้อมูลข่าวสารที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้นด้วยตนเอง
 4. ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์โดยยั่วยุให้นักเรียนคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบที่แปลกใหม่จากเดิม ส่งเสริมการคิดจินตนาการ ส่งเสริมให้คิดวิธีแก้ปัญหาแปลก ๆ ใหม่ ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนมีความกล้าเสี่ยงทางสติปัญญา
 5. ไม่เข้มงวดกับผลคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้จากการค้นพบของนักเรียนมากเกินไป ครูต้องไม่ให้ความสำคัญของความคลาดเคลื่อนจนเกินไปนัก ต้องยอมรับว่าความคลาดเคลื่อนและความผิดพลาดนั้นเป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นได้
 6. สนับสนุนให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นทางสติปัญญา โดยยั่วยุให้นักเรียนคิดหาวิธีการหาคำตอบ หรือการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธีด้วยการพยายามคิดหาความหมายใหม่ โดยใช้ประสบการณ์เดิมในบริบทใหม่ ไม่ให้ยึดมั่นกับประสบการณ์เดิมอย่างมั่นคงเพียงด้านเดียว
 7. สนับสนุนให้นักเรียนรู้จักประเมินผลสัมฤทธิ์และความก้าวหน้าของตนด้วยตนเอง ให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นด้วยตนเอง มีความรับผิดชอบ และรู้จักประเมินตนเอง พยายามหลีกเลี่ยงการใช้เกณฑ์มาตรฐาน หรือข้อสอบมาตรฐาน
 8. ส่งเสริมให้นักเรียนตอบคำถามประเภทปลายเปิดมีความหมาย และไม่มีคำตอบที่เป็นจริงที่แน่นอนตายตัว คำถามประเภทนี้จะสนับสนุนให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม
- ดังนั้นการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียน ครูผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้แสดงออกด้านความคิดและการปฏิบัติมากกว่าที่จะเน้นด้านการเรียนรู้เนื้อหาเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผล สร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ ให้อิสระแก่ผู้เรียนในการคิดตัดสินใจ แก้ปัญหด้วยตนเอง กิจกรรมการเรียนการสอนสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน

อุปสรรคของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์นั้นควรคำนึงถึงอุปสรรคที่ขัดขวางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลด้วย อุปสรรคที่สำคัญอาจสรุปได้ 3 ประการ คืออุปสรรคด้านการรับรู้ (perceptual block) อุปสรรคด้านวัฒนธรรม (cultural block) และอุปสรรคด้านอารมณ์ (emotional block) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Simberg, 1971, pp. 119-135 อ้างถึงใน ทิวัตถ์ นกบิน, 2542, หน้า 31-34)

อุปสรรคด้านการรับรู้ ได้แก่ การที่คนเราไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่แท้จริงได้ เป็นเหตุให้การแก้ปัญหาที่ดำเนินไปโดยปราศจากเป้าหมายที่ชัดเจนและแน่นอน ตัวอย่างอุปสรรคประเภทนี้ ได้แก่

1. ความยากในการจำแนกปัญหาที่แท้จริงจากปัญหาทั่วไป เปรียบเสมือนนายแพทย์ที่พยายามรักษาคนไข้โดยไม่ทราบสาเหตุของโรคที่แท้จริง หรือเสมือนนายช่างแก้ไขเครื่องยนต์ที่ติดขัดโดยไม่ทราบจุดบกพร่องของเครื่องยนต์
2. การมองปัญหาแคบเกินไป ขาดการพิจารณาสภาพแวดล้อมของปัญหานั้น ซึ่งอาจเป็นด้วยข้อจำกัดในการรับรู้ก็ได้ เช่น มีเลข 9 อยู่ 4 ตัว จะทำอย่างไรจึงจะให้มีความเท่ากับ 100 ได้ (คำตอบ $99+9/9$)
3. ความไม่สามารถที่จะให้คำจำกัดความหรือนิยามของปัญหา เป็นเหตุให้สื่อความเข้าใจตรงกันไม่ได้
4. ความไม่สามารถที่จะใช้ประสาทสัมผัสทั้งหลายในการสังเกต ซึ่งโดยทั่วไปมักเข้าใจว่าการสังเกตนั้นเป็นการใช้เพียงตามองเท่านั้น แต่แท้จริงแล้วสามารถใช้ประสาทสัมผัสทั้งหมด คือ ตา หู จมูก และกายสัมผัส ช่วยในการสังเกตได้ด้วย
5. ความยากที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ของวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันน้อย (remote relationship) ทำให้ไม่สามารถหาทางแก้ปัญหาได้
6. การมองข้ามสิ่งที่อยู่ใกล้ตัว หรือสิ่งที่เด่นชัด ซึ่งบางครั้งความเคยชินกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยอาจทำให้มองข้ามประเด็นที่น่าสนใจไปได้
7. ความล้มเหลวในการจำแนกเหตุและผล มีหลายสถานการณ์ที่ยากแก่การแยกแยะได้อย่างชัดเจนว่าอะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผลแก่กัน เช่น จากการสังเกตพบว่านักศึกษาที่เรียนอ่อนมักจะสอบนุหรือมากกว่านักศึกษาที่เรียนเก่ง จึงเป็นปัญหาว่าการสอบนุหรือเป็นสาเหตุต่อการเรียนอ่อนหรือไม่ หรือการเรียนอ่อนเป็นสาเหตุให้เกิดความเครียดทำให้สอบนุหรือมากขึ้นหรือทั้งการเรียนอ่อนและการสอบนุหรือเป็นผลรวมมาจากสาเหตุอื่น จึงไม่ได้เกี่ยวข้องกันเลย เป็นต้น ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะไม่ด่วนสรุปสาเหตุและผลจนกว่าจะรู้แน่ชัดเสียก่อน

อุปสรรคด้านวัฒนธรรม เป็นผลเนื่องจากกฎเกณฑ์ทางสังคม ซึ่งเป็นสิ่งกำหนดให้บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบระเบียบแบบแผน ทำให้มีผลต่อการสกัดกั้นความท้าทายต่อการคิดค้นและความเปลี่ยนแปลงอันเป็นคุณลักษณะด้านความคิดสร้างสรรค์ของบุคคล ตัวอย่างของอุปสรรคประเภทนี้ได้แก่

1. ความต้องการทำตามแบบอย่างในกรอบที่ไม่แตกต่างจากผู้อื่น ทำให้เกิดรูปแบบพฤติกรรมและการมองปัญหาที่คล้ายคลึงกัน การหาวิธีแก้ปัญหาก็ยึดติดกับระเบียบแบบแผนมากเกินไป ทำให้บางครั้งไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ตัวอย่างเช่น ให้ลากเส้นตรง 4 เส้น ให้ผ่านจุดที่กำหนดให้ 9 จุด โดยไม่ยกปากกาหรือดินสอและไม่ขีดซ้ำเส้นตรงที่ขีดแล้วผู้ที่ไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ มักจะเป็นผู้ที่ยึดติดในกรอบความคิดที่ว่าจะต้องลากเส้นตรงภายในกรอบของจุดทั้ง 9 นั้นเท่านั้น ทั้ง ๆ ที่ปัญหาไม่ได้กำหนดไว้เลย
2. การมุ่งเน้นในความประหยัด และให้สามารถปฏิบัติได้มากเกินไป ซึ่งมีผลทำให้เกิดการตัดสินใจที่รวดเร็วเกินไป ทำให้บุคคลไม่พยายามที่จะใช้ความคิดของตนในสิ่งที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับของเดิม เพราะการกระทำเช่นนี้ต้องลงทุนทั้งเวลาและเงินมากขึ้น ข้าไม่แน่ใจในความสำเร็จด้วย
3. ความกลัวที่จะเป็นคนไม่สุภาพเรียบร้อย กลัวผู้อื่นเห็นว่าตนเป็นบุคคลที่น่ารำคาญ จึงทำให้ขาดความอยากรู้อยากเห็น ไม่กล้าที่จะซักถามหรืออภิปรายในสิ่งที่ตนยังไม่เข้าใจ ทำให้กลายเป็นคนที่ขาดจิตสำนึกแห่งการสืบค้น
4. การมุ่งในเรื่องการแข่งขันหรือความร่วมมือกันมากเกินไป บุคคลทั่วไปมักคิดว่าการร่วมมือกันนั้นแต่ละคนต้องลดความคิดของตนเองลง เพื่อให้สอดคล้องกับความคิดของกลุ่มหรือลดความขัดแย้งลง ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนัก ความจริง ความร่วมมือ หมายถึงการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้โดยต้องสามารถอธิบายหรือชี้แจงความคิดของตนให้ผู้อื่นเข้าใจหรือยอมรับได้ ส่วนการมุ่งแข่งขันกันจนเกินไปนั้นก็มีผลทำให้บุคคลมองข้ามเป้าหมายที่แท้จริงของงานนั้นไป โดยมุ่งเอาชนะแต่อย่างเดียวทำให้ละเลยความคิดริเริ่มของตนเองไป
5. การยึดมั่นในสถิติมากเกินไป การยึดมั่นหรือเชื่อในตัวเลขโดยไม่ได้พิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เข้าใจสภาพความเป็นจริงผิดไปได้ ตัวอย่างเช่นจากรายงานอุณหภูมิใน 1 ปี ของเมืองหนึ่ง เท่ากับ 65 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าพิสูจน์ตามตัวเลขนี้จะเข้าใจว่าเมืองนี้มีอุณหภูมิหนาวอยู่ แต่เมื่อพิจารณาให้ลึกกลงไปกลับพบว่าเมืองนี้มีอุณหภูมิตั้งแต่ -22 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 114 องศาฟาเรนไฮต์ ความจริงเช่นนี้จะเห็นว่าเมืองนี้ไม่หนาวอยู่เลย ซึ่งแตกต่างจากการพิจารณาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตอนแรก

6. ความยากในการสรุปอ้างอิง พฤติกรรมของบุคคลเป็นสิ่งที่ยากต่อการสรุปอ้างอิง เพราะแต่ละคนก็มีพฤติกรรมเป็นเอกลักษณ์ของตนเองซึ่งแตกต่างกันจึงเป็นการยากในการพิจารณาขอบข่ายงานที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้

7. การยึดมั่นเหตุผลและความจริงมากเกินไป หรือการหลงเชื่อความจริงในอดีตมากเกินไปก็มิผลทำให้บุคคลขาดความคิดสร้างสรรค์ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากเราเชื่อว่าพาหนะที่เบา กว่าอากาศเท่านั้นที่สามารถจะบินได้แล้ว จนบัดนี้ก็ยังคงไม่มีเครื่องบินใช้บินแน่

8. การขาดความประนีประนอมในความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกันเข้าด้วยกันส่วนมาก แล้วบุคคลจะมีแนวโน้มที่จะต่อต้านหรือไม่ยอมรับความคิดที่ไม่ตรงกับตนโดยสิ้นเชิง และจะยอมรับความคิดที่ตรงกับตนในทันที ลักษณะเช่นนี้มีผลทำให้เกิดความคิดใหม่ ๆ ขึ้นมา

9. การมีความรู้สึกเกี่ยวกับขอบข่ายงานที่ปฏิบัติมากหรือน้อยเกินไป บุคคลที่มีความรู้ น้อยหรือแคบเกินไปก็ไม่สามารถนำมาอภิปรายและสร้างสรรค์ให้เกิดความคิดริเริ่มใหม่ ๆ ขึ้นมา เช่นเดียวกับบุคคลที่มีความรู้มากหรือเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ ก็มักจะมีความรู้สึกว่าความคิด ของตนนั้นถูกต้องดีกว่าผู้อื่นเสมอจึงไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเลย ลักษณะเช่นนี้ก็เป็น อุปสรรคต่อความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลในองค์การนั้น ๆ

อุปสรรคด้านอารมณ์ จัดเป็นอุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งทั้งนี้เพราะอารมณ์ของบุคคล อันได้แก่ ความกลัว ความโกรธ ความรัก และความเกลียด เป็นต้น นัยว่ามีความสำคัญมากต่อ ปัญหาและเหตุผล สองสิ่งนี้เปรียบเสมือนหน้าหัวและก้อยของเหรียญคือถ้าเหรียญหงายหน้าใดขึ้น อีกหน้าก็ต้องคว่ำลง เช่นเดียวกับบุคคลถ้ามีอารมณ์เกิดขึ้นสูงความสามารถทางปัญญาและ เหตุผลของคนนั้นก็ต่ำลง นั่นคืออารมณ์จะเป็นตัวสกัดกั้นความคิดและเหตุผลตลอดจนความคิด สร้างสรรค์ของบุคคล ตัวอย่างของอุปสรรคทางอารมณ์ที่สำคัญได้แก่ความกลัวที่จะทำผิดหรือ ทำในสิ่งที่ผู้อื่นมองว่าไ้ด้วยความกลัวเช่นนี้จึงทำให้สูญเสียความคิดที่ดี ๆ ไป เพราะเจ้าความคิด ไม่กล้าที่จะเสนอความคิดนั้นออกมา ด้วยเกรงจะถูกผู้อื่นมองว่าเป็นเรื่องที่ไร้สาระ

1. การด่วนที่จะตัดสินใจรับความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่เปิดโอกาสคิดหาแนวทาง อื่นที่แตกต่างออกไปความจริงความคิดอันแรกนั้นอาจจะไม่ใช่ความคิดที่ดีที่สุดเสมอไป อาจจะมี ความคิดอื่นที่ดีกว่าก็ได้ ถ้ายอมรับเสียตั้งแต่ความคิดอันแรกแล้ว ก็จะเป็นการสกัดกั้นความคิด อื่น ๆ ไป

2. การยึดติดกับความคิดของตน บุคคลมักจะยึดติดกับความคิด ความเชื่อของตนและ ยากที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดหรือข้อเสนอแนะของบุคคลอื่น และมักจะต่อต้านความคิดที่ไม่ตรง กับความคิดของตนด้วย

3. ความอดทนอดกลั้นต่อการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาที่ยาก บุคคลทั่วไปมักจะมี ความมุ่งหวังในผลสำเร็จในงานของตนไว้สูงเมื่องานนั้นประสบปัญหา ก็จะเกิดความคับข้องใจและมุ่งแก้ปัญหานั้นแบบหัวชนฝา ไม่พยายามที่จะรวบรวมสถิติและความคิดในการหาหนทางอื่น ๆ

4. ความต้องการความมั่นคงปลอดภัยสูงเกินไป จริงอยู่ที่ทุกคนมีความต้องการความมั่นคงปลอดภัย ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติ แต่ถ้าความต้องการสูงเกินไป ก็ทำให้เป็นโรคประสาทได้ และเมื่อทุกคนต่างก็มุ่งไปที่ความมั่นคงปลอดภัยของตัวเองแล้ว ก็จะมีผลทำให้ละเลยต่อโอกาสที่จะได้รับรู้หรือพิจารณาในสิ่งใหม่ไปอย่างน่าเสียดาย

5. ความกลัวต่อการนิเทศแนะนำและไม่ไว้วางใจเพื่อนร่วมงาน ความรู้สึกเช่นนี้ทำให้บุคคลขาดความเชื่อมั่น และความไว้วางใจซึ่งกันและกันอันเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการสกัดกันความสามารถในการแก้ปัญหาและกระทำการกิจกรรมสร้างสรรค์

6. การขาดความพยายามที่จะแก้ปัญหาโดยตลอดจนสำเร็จ บุคคลส่วนมากชอบที่จะดำเนินโครงการใหม่ ๆ และให้ความสนใจกับโครงการนั้นในระยะสั้น ๆ ในระยะยาวบุคคลมักจะขาดการเอาใจใส่ติดตามแก้ปัญหา และหาวิธีการใหม่ ๆ มาดำเนินให้โครงการนั้นสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จากข้อความที่กล่าวถึงอุปสรรคของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ว่าการที่คนเราไม่สามารถรับรู้และมองเห็นปัญหาที่แท้จริง การที่บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบ ยึดมั่นระเบียบแบบแผน และอารมณ์ของบุคคลที่แสดงออก ทำให้มีผลต่อการสกัดกันความท้าทายต่อการคิดสร้างสรรค์ของบุคคล

การวัดความคิดสร้างสรรค์ การศึกษาค้นคว้าในเรื่องการวัดความคิดสร้างสรรค์ ได้มีการพยายามศึกษาและพัฒนาเป็นลำดับ โดยเฉพาะการวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (อารี พันธมณี, 2540, หน้า 199-202)

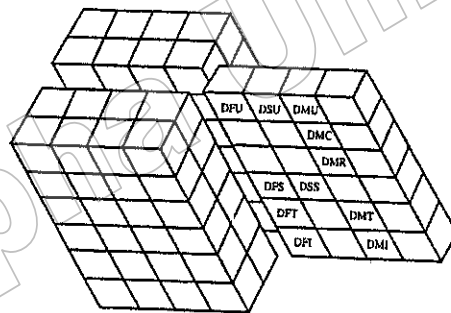
1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์
2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สีเหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดต่อเติมให้เป็นภาพ

3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึก แล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินงานศิลปะของนักเรียน

5. การทดสอบ หมายถึง การใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ วัดพฤติกรรมของเด็ก นับเป็นพัฒนาการของการวัดความคิดสร้างสรรค์ในขั้นต่อมา คือ การใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ มีทั้งที่ใช้ภาษาเป็นสื่อ และที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์และมีการกำหนดเวลาด้วย ปัจจุบันแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ก็มีหลายแบบ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของวอลลาซและโคแกน ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด และทอเรนซ์เท่านั้น

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีโครงสร้างสติปัญญาของกิลฟอร์ด แบบทดสอบนี้กิลฟอร์ดและคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้คิดขึ้นเพื่อวัดการกระจาย (divergent thinking) โดยมุ่งวัดตัวประกอบในแต่ละเซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมี 3 มิติ คือ เนื้อหาที่คิด (content) วิธีการคิด (operation) และผลิตผลแห่งความคิด (product) ตามลำดับ เช่น DSU ซึ่งหมายถึง วิธีการคิดแบบผลิต จำแนกเนื้อหาที่คิดเป็นสัญลักษณ์ และผลิตผลแห่งความคิดออกมาในรูปของหน่วย เป็นต้น ดังรูป



ภาพที่ 18 แสดงแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้ โดยวัดเซลล์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (อารี พันธมณี, 2540, หน้า 203)

ตัวอย่างของแบบทดสอบ

1. ความคล่องในการใช้คำ (world fluency : DSU) เขียนคำที่มีอักษร "O" เช่น load over pot
2. ความคล่องทางความคิด (ideational fluency : DMU) บอกชื่อสิ่งของที่อยู่ในพวกเดียวกัน เช่น ของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันก๊าด แอลกอฮอล์ แก๊สโซลีน

3. ความคล่องทางความสัมพันธ์ (associational fluency : DMR) เขียนคำที่มีความหมายใกล้เคียงกับคำที่กำหนดให้ เช่น หนัก ได้แก่ ใหญ่ อ้วน แ่นน จุ หนา
4. ความคล่องตัวของการแสดงออก (expressional fluency : DSS) เขียนประโยคจากคำ 4 คำที่กำหนดอักษรเริ่มต้นให้ เช่น K...U...Y...I... : keep up your interest, kill useless yellow insect
5. การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (alternate uses : DMC) บอกการใช้ที่เป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับสิ่งของเฉพาะมากกว่าใช้ธรรมดา เช่น หนังสือพิมพ์ซึ่งปกติใช้สำหรับอ่านแล้วยังนำมาใช้จุดไฟ ห่อกล่อง ฯลฯ
6. การตีความหมายที่คล้ายคลึงกัน (similar interpretation : DMS) เติมประโยคหลายประโยคที่บรรจุคำที่คล้ายคลึงกัน เช่น ความงามของผู้หญิงนั้นคล้ายกับฤดูใบไม้ร่วง มัน...ผ่านไปก่อนที่จะได้ซาบซึ้งอย่างเต็มที่
7. การใช้ประโยชน์ (utility test : DMS) บอกประโยชน์ของสิ่งที่กำหนดให้มากที่สุด เช่น กระป๋องดีบุก ใช้ทำแจกันดอกไม้ ใช้สำหรับตัดคุกกี้
8. ตั้งชื่อหัวข้อ (plot titles : DMU, DMT) ตั้งชื่อเรื่องให้หรือกำหนดเรื่องให้ เช่น เล่มียนคนใหม่ในร้าน
9. การสรุปผลลัพธ์ (consequences : DMR, DMT) บอกผลที่ตามมาให้มากที่สุดที่จะมากได้ ตามเหตุการณ์หรือสมมุติฐานที่กำหนดให้ เช่น อะไรจะเกิดตามมา ถ้าหากว่าคนไม่ต้องการหรือจำเป็นต้องนอนอีกต่อไป เช่น ทำงานมากยิ่งขึ้น นาฬิกาปลุกไม่จำเป็นต้องมี
10. ประเภทของงานอาชีพ (possible jobs : DMT) บอกชื่ออาชีพที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้ เช่น หลอดไฟฟ้า วิศวกรไฟฟ้า และอื่น ๆ เป็นต้น
11. การวาดรูป (making objects : DFS) ให้วาดสิ่งของโดยใช้ชุดของรูปที่กำหนดให้ เช่น วงกลม สามเหลี่ยม ฯลฯ ในรูปหนึ่ง ๆ อาจจะใช้วัตถุชิ้นเดียวกันซ้ำหรือเปลี่ยนขนาดได้ เช่น วงกลม สามเหลี่ยม ฯลฯ
12. ภาพร่าง (sketches : DFU) ในแต่ละหน้าของแบบทดสอบบรรจุด้วยชุดของรูปที่เหมือนกัน เช่น วงกลม ทำแบบร่างให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้และทำให้เป็นรูปร่างละเอียดในแต่ละรูป
13. การแก้ปัญหาไม้ขีดไฟ (match problem : DFT) เป็นการแก้ปัญหาโดยให้เอาก้านไม้ขีดไฟจำนวนหนึ่งออกจากรูปที่กำหนดให้ และให้ก้านไม้ขีดที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสามเหลี่ยมที่มีจำนวนรูปตามต้องการ เช่น ให้นำก้านไม้ขีดออก 3 ก้าน ให้เหลือรูป

สี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 รูป

14. การแต่งรูป (decoration : DFT) ให้ตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

จะสังเกตได้ว่า คำตอบของ 10 ข้อแรกอยู่ในรูปภาษาเขียน ส่วนคำตอบ 4 ข้อหลังจะเป็นรูปภาพ

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ (Torrance test of creative thinking) แบบทดสอบนี้ปรับมาจากแบบทดสอบของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้ เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ซึ่งคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนั้นคำนึงถึงตัวประกอบต่อไปนี้คือ ความคล่อง ความยืดหยุ่น ความริเริ่ม และความละเอียดประณีต การให้คะแนนในแต่ละตัวประกอบ จึงได้คะแนนในเทอมของตัวประกอบ 1, 2, 3 หรือ 4 ตัวประกอบดังกล่าว

แบบทดสอบของ ทอร์เรนซ์ ประกอบด้วย 12 ชุด แบ่งเป็นแบบทดสอบทางภาษา แบบทดสอบที่เป็นรูปภาพและการฟัง ส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งคิดอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยคำ ส่วนที่สอง คิดอย่างสร้างสรรค์ด้วยภาพ ส่วนที่สามคิดอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยเสียงและคำ ผู้สร้างเรียกแบบทดสอบเหล่านี้ว่า “กิจกรรม” คำชี้แจงในแบบทดสอบนี้ใช้ได้ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษา

ส่วนที่ 1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ (thinking creativity with words) ประกอบด้วยกิจกรรม 7 กิจกรรม 3 กิจกรรมแรกเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการถามและการเดา (ask and guess) กิจกรรมนี้จะใช้รูปภาพที่ผู้สอบดูแล้วตอบปัญหาต่าง ๆ โดย

1. เขียนทุกคำถามที่เราจำเป็นต้องถามเพื่อค้นหาว่าเกิดอะไรขึ้น
2. เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
3. เขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์

ส่วนอีก 4 กิจกรรมประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

4. เขียนวิธีการปรับปรุงเครื่องเล่น เพื่อว่าเด็ก ๆ จะได้เล่นอย่างสนุกสนานยิ่งขึ้น
5. เขียนคำถามทั้งหมดที่อาจเกี่ยวกับสิ่งของสิ่งเดียวกัน
6. เขียนคำถามแปลกใหม่ให้คิดคำถามเกี่ยวกับกล่องให้มากที่สุด
7. เป็นกิจกรรมที่คล้ายกับกิจกรรมในแบบทดสอบการสรุปผลลัพธ์ของ กิลฟอร์ด โดยให้ผู้สอบบอกถึงเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ถ้าสภาพการณ์ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริง

กิจกรรมเหล่านี้ให้คะแนนในแต่ละลักษณะของความคิด คือ ความคล่อง ความยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ตัวอย่างกิจกรรม กิจกรรมที่ 1 ถึง 3 ถามและเดา (ask and guess)

กิจกรรมที่ 1 การตั้งคำถาม โดยเขียนคำถามทั้งหมดที่นักเรียนคิดได้เกี่ยวกับรูปภาพ ลึกลับน่าสนใจ

กิจกรรมที่ 2 การเดาสาเหตุ ให้เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ให้มากที่สุดโดยเดาสภาพการณ์ที่อาจเกิดขึ้นก่อนสภาพการณ์ในรูปกำหนด

กิจกรรมที่ 3 การเดาผลที่เกิดขึ้น ให้เขียนสิ่งที่อาจเป็นผลต่อเนื่องจากรูปให้มากที่สุด กล่าวคือ ให้เดาสิ่งที่จะเกิดในอนาคต

กิจกรรมที่ 4 การปรับปรุงผลผลิต (product improvement) กำหนดรูปของเล่นให้ 1 รูป ให้เขียนรายการเปลี่ยนแปลงของเล่นนั้น ให้เป็นสิ่งที่น่าสนใจและน่าสนใจโดยไม่ต้องคำนึงถึงราคา

กิจกรรมที่ 5 ประโยชน์พิเศษของสิ่งของ (unusual uses) กำหนดกล่องชนิดหนึ่งมา ให้ใช้กล่องทำสิ่งที่น่าสนใจและแปลกใหม่ให้มากที่สุดโดยไม่จำเป็นว่ากล่องนั้นต้องเป็นขนาดเดียวกัน

กิจกรรมที่ 6 คำถามแปลกใหม่ (unusual questions) ให้คิดคำถามเกี่ยวกับกล่องให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ คำถามอาจนำไปสู่การตอบที่แตกต่างกันไป และอาจสร้างความสนใจ และความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับกล่องอื่น ๆ โดยพยายามคิดถึงคำตอบเกี่ยวกับรูปร่างและลักษณะของกล่องที่เกิดขึ้น ซึ่งคนทั่วไปนึกไม่ถึง

กิจกรรมที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล (just suppose) กิจกรรมที่ให้นักเรียนบอกถึงเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจจะเป็นได้ ถ้าสภาพการณ์ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริง

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ (thinking creativity with picture) เสร็จแล้ว ให้ตั้งชื่อและเล่าเรื่องที่ที่น่าสนใจตื่นเต้น

กิจกรรมที่ 1 การสร้างรูปภาพ (picture construction) โดยให้ผู้สอบลอกกระดาษแล้วติดลงบนแผ่นกระดาษใหม่ แล้ววาดภาพเพิ่มเติมโดยนึกถึงรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึง (unusual picture) เสร็จแล้ว ให้ตั้งชื่อและเล่าเรื่องที่ที่น่าสนใจตื่นเต้น

กิจกรรมที่ 2 การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ (picture completion) เป็นการต่อเส้นให้กับรูปที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจเพิ่มเติมเป็นรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึงเสร็จแล้วให้ตั้งชื่อและเล่าเรื่องในแต่ละภาพ

กิจกรรมที่ 3 เส้น (lines) กำหนดเส้นคู่ขนานให้ ผู้สอบต้องสร้างรูปเพิ่มเติมให้มากที่สุด

คะแนนได้ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 เป็นคะแนนรวมที่ได้จากการวัดลักษณะความคิด

4 แบบ คือ ความคล่อง ความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความละเอียดประณีต

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้วยเสียงและคำพูด (thinking creativity with sounds and words) ประกอบด้วยกิจกรรม 2 กิจกรรม โดยให้ฟังจากเครื่องบันทึกเสียงให้เขียนความสัมพันธ์ของเสียงในแต่ละครั้ง กิจกรรมทั้ง 2 นี้ ใช้วัดความคิดริเริ่มเท่านั้น

แบบทดสอบของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้ และแบบทดสอบของ ทอร์เรนซ์ นั้น ความเร็วในการทำแบบทดสอบเป็นตัวประกอบที่สำคัญและดูเหมือนจะเป็นคุณลักษณะร่วมของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังพบว่า คะแนนจากแบบทดสอบของทอร์เรนซ์ มีความสัมพันธ์กับคะแนนความสนใจ ทักษะคิด และบุคลิกภาพอื่น ๆ ด้วย

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เป็นการให้เสรีภาพแก่ผู้ตอบ ในการเขียนคำตอบให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ การตรวจให้คะแนนจึงมีลักษณะเป็นอัตนัยมาก ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานให้ผู้ตรวจเพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้ตรงกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการตรวจให้คะแนน แบบทดสอบของกิลฟอร์ด และทอร์เรนซ์

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด คะแนนของแบบทดสอบแต่ละฉบับจะต้องวัดองค์ประกอบเดียว หรือให้คะแนนแบบเดียว (single score) เช่น ถ้าจะวัดความคล่อง แบบทดสอบที่ใช้ก็จะให้คะแนนตามจำนวนคำตอบที่ผู้สอบได้ยกตัวอย่าง แบบทดสอบประโยชน์ของอิฐ (brick uses) ที่ถามว่า อิฐใช้ทำอะไรได้บ้าง ถ้านักเรียนตอบว่า ไขก๊อก กำแพง ก่อผนังบ้าน ถมที่ ปาสุ่มฯ ทำค้อนตอกตะปู คำตอบเช่นนี้ จะได้คะแนนความคล่อง 5 คะแนน ถ้าจะวัดองค์ประกอบด้านอื่น เช่น ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดปราณีต ก็จะต้องสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่อีกต่างหาก ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้แบบทดสอบฉบับเดิม แต่ต้องการวัดองค์ประกอบอีก จะมีคำชี้แจงไว้ชัดเจน เช่น ใช้แบบทดสอบ brick uses (shifts) ถ้าวัดความคล่องตัวก็จะเป็น brick uses (fluency) ฉบับแรกนั้นจะให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มคำตอบ (category) หรือทิศทางของคำตอบ ยกตัวอย่างอิฐ ที่ใช้ก่อกำแพง ก่อผนัง ถมที่ ปาสุ่มฯ ตอกตะปู จะได้คะแนนความคิดยืดหยุ่น 4 คะแนน เพราะคำตอบก่อผนังและก่อกำแพง เป็นคำตอบที่จัดอยู่ในกลุ่มหรือทิศทางเดียวกัน จึงให้คะแนนเป็น 1 คะแนน ในแง่ของความคิดริเริ่มนั้น กิลฟอร์ด มองความคิดริเริ่มเป็น 3 ลักษณะ คือเป็นคำตอบที่แปลกไม่ซ้ำคนอื่น หรือซ้ำก็น้อยอย่างหนึ่ง สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนได้ตัวอย่างหนึ่ง และความฉลาดลึกซึ้งอย่างหนึ่ง ตามแนวคิดทั้ง 3 ทางนี้ อย่างแรกให้คะแนนโดยตรงนับความถี่ของคำตอบ ของนักเรียนในกลุ่ม ถ้าคำตอบใดมีความถี่สูง คือมีนักเรียนตอบกันมากก็ให้คะแนนคำตอบนั้นเป็น 0 แต่ถ้ามีความถี่ตามสัดส่วนก็จะให้ 1, 2, 3, หรือ 4 แล้วแต่จำนวนกลุ่มตัวอย่าง อย่างที่ 2 ดูจากจำนวนคำตอบที่

นักเรียนตอบถูก อย่างที่ 3 นั้น ดูความฉลาดในแง่การตอบที่ต่างไป และลึกซึ้งไปกว่าคำตอบที่เฉลยไว้ สำหรับการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ มีการให้คะแนน 4 แบบ คือ ความคล่องในการคิด (fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) ความคิดริเริ่ม (originality) และความปราณีตในการคิด (elaboration)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ นันทิพา กงวิไล (2540, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย และเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ระหว่างนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

พัชนี ตระกูลแก้ว (2540, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินการสอนตามแผนการสอนที่สร้างขึ้นตามรูปแบบของ แฟรงค์ วิลเลียม ผลการศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ทุกองค์ประกอบ

ชนิษฐา ธรรมศรี (2541, บทคัดย่อ) ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบเล่นปนเรียนกับการสอนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบเล่นปนเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความคงทนในการเรียนรู้ และความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สาวิตรี วงศ์สุกัลป์ (2542, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน คือ 1. ชี้นำ เป็นการแจ้ง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและทบทวนความรู้เดิม 2. ขั้นสอน ประกอบด้วยขั้นเสนอทบทเรียนต่อ นักเรียนทั้งชั้น 3. ขั้นสรุป นักเรียนสรุปแนวคิด ความคิดรวบยอด และ 4. ขั้นวัดผล นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นการบ้าน และนักเรียนมีความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 44.27 และหลังเรียน 57.08 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

มณเฑียร รื่นวิชา (2542, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นก่อนการจัดกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ได้มีการนำวิธีสอนต่าง ๆ มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนหลายวิธีด้วยกัน เช่น การสอนโดยใช้เกม การสอนให้ผู้เรียนแก้ปัญหา เป็นต้น ซึ่งวิธีสอนต่าง ๆ นี้เป็นวิธีสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ฝึกให้ผู้เรียนคิดสร้างองค์ความรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาแสดงความคิดในเชิงสร้างสรรค์อย่างเต็มที่ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวิธีสอนเป็นสิ่งที่มียุทธผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเป็นอย่างดี และสำหรับการสอนแบบ 4 MAT ก็เป็นวิธีสอนหนึ่งที่มุ่งพัฒนาความคิดและพัฒนาศักยภาพสมองของผู้เรียนให้ทำงานอย่างสมดุล โดยมีการจัดกิจกรรมที่ยืดหยุ่นตอบสนองของผู้เรียนซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายให้มีความสุขและพัฒนาความสามารถตามศักยภาพของตนเอง ผู้เรียนจะได้ปฏิบัติกิจกรรมแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจของตนเอง ดังนั้นการสอนแบบ 4 MAT จึงเป็นการสอนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้