

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแนว ACTOR Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดไตร่ตรอง เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.1 ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 1.2 คุณภาพของผู้เรียน
 - 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model
 - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model
 - 2.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model
 - 2.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model
 - 2.4 การบูรณาการเทคนิคต่างๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model
3. ความสามารถในการคิดไตร่ตรอง
 - 3.1 ความหมายของการคิดไตร่ตรอง
 - 3.2 ความสำคัญของการคิดไตร่ตรอง
 - 3.3 กระบวนการในการคิดไตร่ตรอง
 - 3.4 บทบาทของครูผู้สอนในการฝึกการคิดไตร่ตรอง
 - 3.5 การวัดความสามารถในการคิดไตร่ตรอง
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- 4.2 จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4.3 พฤติกรรมทางการศึกษาในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4.5 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 6) ได้จัดทำสาระมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีสาระสำคัญ ดังนี้

1. ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (K knowledge-based society) ดังนั้นทุกคน จึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

2. คุณภาพของผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่างๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

2.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.3 เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้มของแสง

2.4 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.5 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่างๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

2.6 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.7 ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้างองค์ความรู้

2.8 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.9 ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.10 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

2.11 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

2.12 แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

2.13 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

3. สารและมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยได้กำหนดสาระสำคัญเกี่ยวกับเรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ไว้ดังนี้

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน โดยกำหนดหน่วยการเรียนรู้ กำหนดเวลาและน้ำหนักคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังแสดงในตาราง

ตาราง 1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ เวลาและน้ำหนักคะแนน เวลารวม 60 ชั่วโมงต่อภาคเรียน

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
1.	การถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม ว 1.2 ม.3/1, ว 1.2 ม.3/2, ว 1.2 ม.3/3	1. สังเกตและอธิบาย ลักษณะของ โครโมโซมที่มีหน่วย พันธุกรรม หรือยีน ในนิวเคลียส 2. อธิบายความ สำคัญของสาร พันธุกรรมหรือ ดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม	- เมื่อมองเซลล์ผ่าน กล้องจุลทรรศน์จะ เห็นเส้นใยเล็กๆ พัน กันอยู่ในนิวเคลียส เมื่อเกิดการแบ่ง เซลล์ เส้นใยเหล่านี้ จะขดสั้นเข้าจนมี ลักษณะเป็นท่อนสั้น เรียกว่า โครโมโซม	12	20

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
		3. อภิปรายโรคทาง พันธุกรรมที่เกิดจาก ความผิดปกติของยีน และโครโมโซมและ นำความรู้ไปใช้ ประโยชน์	- โครโมโซม ประกอบด้วยดีเอ็นเอ และโปรตีน - ยีนหรือหน่วย พันธุกรรมเป็นส่วน หนึ่งที่อยู่บนดี เอ็น เอ - เซลล์หรือสิ่งมีชีวิต มีสารพันธุกรรมหรือ ดีเอ็นเอที่ควบคุม ลักษณะของการ แสดงออก - ลักษณะทาง พันธุกรรมที่ควบคุม ด้วยยีนจากพ่อและ แม่สามารถถ่ายทอดสู่ ลูกผ่านทางเซลล์ สืบพันธุ์และการ ปฏิสนธิ - โรคธาลัสซีเมีย ตาบอดสี เป็นโรคทาง พันธุกรรมที่เกิดจาก ความผิดปกติของยีน		
2.	เทคโนโลยีชีวภาพกับ พันธุกรรม ว 1.2 ม.3/6	6. อภิปรายผลของ เทคโนโลยีชีวภาพต่อ การดำรงชีวิตของ มนุษย์และ สิ่งแวดล้อม	- ผลของเทคโนโลยี ชีวภาพ มีประโยชน์ ต่อมนุษย์ ทั้งด้าน การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม	8	13

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
3.	ความหลากหลายทาง ชีวภาพ ว 1.2ม.3/4, ว 1.2ม.3/5	4. สสำรวจและอธิบาย ความหลากหลายทาง ชีวภาพในท้องถิ่นที่ ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรง ชีวิตอยู่ได้อย่างสมดุล 5. อธิบายผลของ ความหลากหลาย ทางชีวภาพที่มีต่อ มนุษย์ สัตว์ พืช และ สิ่งแวดล้อม	- ความหลากหลาย ทางชีวภาพที่ทำให้ สิ่งมีชีวิต อยู่อย่าง สมดุล ขึ้นอยู่กับ ความหลากหลายของ ระบบนิเวศ ความ หลากหลายของชนิด สิ่งมีชีวิต และความ หลากหลายทาง พันธุกรรม - การตัดไม้ทำลายป่า เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำ ให้เกิดการสูญเสีย ความหลากหลายทาง ชีวภาพ ซึ่งส่งผล กระทบต่อการดำรง ชีวิตของมนุษย์ สัตว์ พืชและสิ่งแวดล้อม - การใช้สารเคมีใน การกำจัดศัตรูพืชและ สัตว์ส่งผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์และพืช ทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลง ความหลากหลาย ทางชีวภาพและส่งผล กระทบ สิ่งแวดล้อม	4	7

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
			- การใช้สารเคมีใน การกำจัดศัตรูพืชและ สัตว์ ส่งผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงความ หลากหลายทาง ชีวภาพและส่งผล กระทบต่อสิ่งแวดล้อม		
4.	ระบบนิเวศในท้องถิ่น ว 2.1ม.3/1, ว 2.1ม. 3/2, ว 2.1ม.3/3, ว 2.1ม.3/4	1. สสำรวจระบบนิเวศ ต่างๆ ในท้องถิ่นและ อธิบาย ความสัมพันธ์ ขององค์ประกอบ ภายในระบบนิเวศ 2. วิเคราะห์และ อธิบายความสัมพันธ์ ของการถ่ายทอด พลังงานของสิ่งมีชีวิต ในรูปของโซ่อาหาร และสายใยอาหาร 3. อธิบายวัฏจักรน้ำ วัฏจักรคาร์บอน และ ความสำคัญที่มีต่อ ระบบนิเวศ 4. อธิบายปัจจัยที่มี ผลต่อการเปลี่ยน แปลงขนาดของ ประชากรในระบบ นิเวศ	- ระบบนิเวศในแต่ละ ท้องถิ่นประกอบด้วย องค์ประกอบทาง กายภาพและองค์ ประกอบทางชีวภาพ เฉพาะถิ่น ซึ่งมีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน - สิ่งมีชีวิตมีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน โดยมีการถ่ายทอด พลังงานในรูปของโซ่ อาหารและสายใย อาหาร - น้ำและคาร์บอนเป็น องค์ประกอบใน สิ่งมีชีวิตและ สิ่งไม่มีชีวิต	12	20

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
			- น้ำและคาร์บอนจะมี การหมุนเวียนเป็น วัฏจักรในระบบนิเวศ ทำให้สิ่งมีชีวิตใน ระบบนิเวศนำไปใช้ ประโยชน์ - อัตราการเกิด อัตรา การตาย อัตราการ อพยพเข้าและอัตรา การอพยพออกของ สิ่งมีชีวิตมีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงขนาด ประชากรในระบบ นิเวศ		
5.	ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ว 2.2ม.3/1, ว 2.2ม.3/2, ว 2.2ม.3/3, ว 2.2ม.3/4, ว 2.2ม.3/5, ว 2.2ม.3/6	1. วิเคราะห์สภาพ ปัญหาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ ในท้องถิ่น และเสนอ แนวทางในการแก้ไข ปัญหา 2. อธิบายแนวทาง การรักษาสมดุลของ ระบบนิเวศ 3. อภิปรายการใช้ ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างยั่งยืน	- สภาพปัญหา สิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรธรรมชาติ ในท้องถิ่นเกิดจาก การกระทำของ ธรรมชาติและมนุษย์ - ปัญหาสิ่งแวดล้อม และทรัพยากร ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ควรมีแนวทางในการ ดูแลรักษาและป้องกัน	12	20

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
		4. วิเคราะห์และ อธิบายการใช้ ทรัพยากรธรรมชาติ ตามปรัชญาเศรษฐกิจ พอเพียง	- ระบบนิเวศจะสมดุล ได้จะต้องมีการ ควบคุมจำนวนผู้ผลิต ผู้บริโภค ผู้สลาย สารอินทรีย์ ให้มี		
		5. อภิปรายปัญหา สิ่งแวดล้อมและ เสนอแนะแนวทาง การแก้ปัญหา	ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่เหมาะสม		
		6. อภิปรายและมีส่วน ร่วมในการดูแลและ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมใน ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	- การใช้ ทรัพยากร ธรรมชาติอย่างยั่งยืน และการดูแลรักษา สภาพแวดล้อม เป็น การรักษาสมดุลของ ระบบนิเวศ - การนำทรัพยากร ธรรมชาติมาใช้อย่าง คุ้มค่าด้วยการใช้ซ้ำ นำกลับมาใช้ใหม่ ลดการใช้ผลิตภัณฑ์ ชนิดเดิม ซ่อมแซม สิ่งของเครื่องใช้ เป็นวิธีการใช้ ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างยั่งยืน		

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
			<p>- การใช้ทรัพยากร ธรรมชาติควรคำนึงถึง ปรัชญาเศรษฐกิจ พอเพียงบนพื้นฐาน ของทางสายกลาง และความไม่ประมาท โดยคำนึงถึงความ พอประมาณ ความมี เหตุผลและการเตรียม ตัวให้พร้อมที่จะรับ ผลกระทบและการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น</p> <p>- ปัญหาสิ่งแวดล้อม อาจเกิดจากมลพิษ ทางน้ำมลพิษทาง เสียง มลพิษทาง อากาศ มลพิษทางดิน</p> <p>- แนวทางการ แก้ปัญหาหลายวิธี เริ่มจากศึกษา แหล่งที่มาของปัญหา เสาะหากระบวนการ ในการแก้ปัญหา และ ทุกคนมีส่วนร่วมใน การปฏิบัติ</p>		

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
6.	ธรรมชาติของแรง ว 4.1ม. 3/1, ว 4.1ม.3/2, ว 4.1ม.3/3	1. อธิบายความเร่ง และผลของแรงลัพธ์ ที่ทำต่อวัตถุ 2. ทดลองและอธิบาย แรงกิริยาและแรง ปฏิกิริยาระหว่างวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ 3. ทดลองและอธิบาย แรงพยางของของเหลว ที่กระทำต่อวัตถุ	- การดูแลและอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ให้ยั่งยืน ควรได้รับ ความร่วมมือจาก ทุกฝ่ายและต้องเป็น ความรับผิดชอบของ ทุกคน - วัตถุเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วที่เปลี่ยน แปลง เป็นการ เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่ เท่ากับศูนย์กระทำต่อ วัตถุวัตถุจะเคลื่อนที่ ด้วยความเร่งซึ่งมี ทิศทางเดียวกับ แรงลัพธ์ - ทุกแรงกิริยาจะมีแรง ปฏิกิริยาโต้ตอบด้วย ขนาดของแรงเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้าม - การนำความรู้เรื่อง แรงกิริยาและแรง ปฏิกิริยาไปใช้อธิบาย เช่น การชักเย่อ การจุดบั้งไฟ	12	20

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ขอบข่ายสาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ช.ม.)	น้ำหนัก คะแนน
			- แรงพยุ คือ แรง ที่ของเหลวกระทำต่อ วัตถุมีค่าเท่ากับ น้ำหนักของของเหลว ที่มีปริมาตรเท่ากับ ส่วนที่จมของวัตถุ - ของเหลวที่มีความ หนาแน่นมากจะมีแรง พยุมาก - วัตถุที่ลอยได้ใน ของเหลวจะมีความ หนาแน่นน้อยกว่า ความหนาแน่นของ ของเหลว		
	รวม			60	100

จากตารางแสดงหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ เวลาและ น้ำหนักคะแนน เวลา รวม 60 ชั่วโมงต่อภาคเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในหน่วย การเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ตามแบบ ACTOR Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดไตร่ตรอง เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

การพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ คือ แนวคิดในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐาน (Brain based learning หรือ BBL) การเชื่อมโยง การค้นพบทางด้านการเรียนรู้ของสมองกับการจัดการเรียนรู้เป็นฐานสำคัญที่จะทำให้เรานั้นสามารถก้าวไปบนเส้นทางของการพัฒนาระบบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ชัดเจนขึ้น มีหลักเกณฑ์และเหตุผล การจัดการเรียนรู้ออนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของสมองจะทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของสมองมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนเตรียมความพร้อมที่จะเรียนรู้โดยวิธีการผ่อนคลายสมองและการบริหารสมอง มีการจัดระบบแบบแผนทางความคิดโดยใช้ผังมโนทัศน์และถายอิงการเรียนรู้จากเนื้อหาไปสู่กระบวนการปฏิบัติ ขณะเดียวกันมีการตั้งประเด็นคำถามในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการคิดไตร่ตรอง โดยมีครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

2. ทฤษฎีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

2.1 ทฤษฎีเกสตัลท์

แนวคิดหลักของทฤษฎีนี้คือ ส่วนรวมไม่ใช่เป็นเพียงผลรวมของส่วนย่อยเท่านั้น ส่วนรวมเป็นสิ่งที่มากกว่าผลรวมของส่วนย่อย (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 21-23) สรุปทฤษฎีการเรียนรู้ ดังนี้

การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางความคิด ซึ่งเป็นกระบวนการภายในตัวมนุษย์ โดยบุคคลจะเรียนรู้จากสิ่งเร้าที่เป็นส่วนรวมได้ดีกว่าส่วนย่อย การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ การรับรู้ (perception) และการหยั่งเห็น (insight)

การรับรู้ เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ประสาทสัมผัสรับสิ่งเร้าแล้วถายอิงเข้าสู่สมองเพื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการคิด ตีความหมาย และตอบสนองออกไป

การหยั่งเห็น เป็นการค้นพบหรือเกิดความเข้าใจในช่องทางการแก้ปัญหาอย่างฉับพลันทันที อันเนื่องมาจากผลการพิจารณาปัญหาโดยส่วนรวม และการใช้กระบวนการทางความคิดและสติปัญญาของบุคคลนั้น

2.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เพียเจต์ (Piaget) เป็นผู้คิดขึ้น มีทฤษฎีการเรียนรู้ และการประยุกต์ใช้ สรุปได้ดังนี้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 25-26)

2.2.1 พัฒนาทางการสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัย ซึ่งแบ่งได้ 4 วัย ดังนี้
 ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor period) มีอายุอยู่ในช่วง 0-2 ปี ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational period) มีอายุอยู่ในช่วง 2-7 ปี 2 ขั้นนี้จะมีการรับรู้และการกระทำ ส่วนขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational period) มีอายุอยู่ในช่วง 7-11 ปี ขั้นนี้นอกจากเรียนรู้แบบรูปธรรมได้ ยังสามารถเรียนรู้และใช้สัญลักษณ์ได้ด้วย ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) มีอายุอยู่ในช่วง 11-15 ปี ขั้นนี้ คิดเป็นนามธรรม ตั้งสมมติฐานและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

2.2.2 ภาษาและกระบวนการคิดของเด็กแตกต่างจากผู้ใหญ่

2.2.3 กระบวนการทางสติปัญญา มีลักษณะการซึมซับหรือการดูดซึม (assimilation) และการปรับและการจัดระบบ (accommodation)

การซึมซับหรือดูดซับ เป็นกระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ เรื่องราว และข้อมูลต่างๆ เข้ามาสะสมเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

การปรับและการจัดระบบ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากขั้นของการปรับ หากการปรับเป็นไปอย่างผสมผสาน กลมกลืน จะก่อให้เกิดสภาพที่มีความสมดุลขึ้น หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมให้เข้ากันได้ ก็จะทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้นในตัวบุคคล

2.3 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์ ได้พัฒนาทฤษฎีของ เพียเจต์ โดย บรูเนอร์ เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (discovery learning) แนวคิด/ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ และการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 27-28)

แนวคิด/ทฤษฎีการเรียนรู้

2.3.1 การจัดโครงสร้างของความรู้ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมีผลต่อการจัดการเรียนรู้ของเด็ก

2.3.2 การจัดหลักสูตรและการเรียนการสอน ให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้เรียนและสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนจะช่วยให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพ

2.3.3 การคิดแบบหยั่งรู้ (intuition) เป็นการคิดหาเหตุผลอย่างอิสระที่สามารถช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้

2.3.4 แรงจูงใจภายในเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้

2.3.5 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์แบ่งเป็น 3 ชั้นใหญ่ๆ

1) ชั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive stage) คือชั้นของการเรียนรู้จากการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้สิ่งต่างๆ การลงมือกระทำช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ดี

2) ชั้นการเรียนรู้จากการคิด (Iconic stage) เป็นชั้นที่เด็กสามารถสร้างมโนภาพในใจได้ และสามารถเรียนรู้จากภาพแทนของจริงได้

3) ชั้นการเรียนรู้สัญลักษณ์ และนามธรรม (Symbolic stage) เป็นชั้นการเรียนรู้สิ่งที่ยับยั้ง และเป็นนามธรรมได้

2.3.6 การเรียนรู้เกิดขึ้นได้จากการที่คนเราสามารถสร้างความคิดรวบยอด หรือสามารถจัดประเภทของสิ่งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.3.7 การเรียนรู้ได้ผลดีที่สุด คือ การให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.4 ทฤษฎีพหุปัญญา

คิดค้นโดย การ์ดเนอร์ (Gardner) ซึ่งมีทฤษฎีการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 33-36)

ทฤษฎีการเรียนรู้

การ์ดเนอร์ เชื่อว่า เขาวิปัญญาของบุคคลมีอยู่อย่างหลากหลายถึง 9 ประการ ซึ่งแต่ละคนจะมีความสามารถเฉพาะด้านที่แตกต่างไปจากคนอื่น และมีความสามารถในด้านต่างๆ ไม่เท่ากัน ความสามารถที่ผสมผสานกันออกมา ทำให้บุคคลแต่ละคนมีแบบแผน ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตน และเขาวิปัญญาของแต่ละบุคคลจะไม่ยู่คงที่ ที่ระดับที่ตนมีตอนเกิดแต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากได้รับการส่งเสริมที่เหมาะสม เขาวิปัญญาที่การ์ดเนอร์ แบ่งไว้ 9 ด้าน มีดังนี้

2.4.1 ด้านภาษา (Linguistic intelligence) แสดงออกทางความสามารถในการอ่าน การเขียน การพูดการอภิปราย การสื่อสารกับผู้อื่น การใช้คำศัพท์ การแสดงออกของความคิด การเล่าเรื่อง เป็นต้น

2.4.2 ด้านคณิตศาสตร์ หรือการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logical mathematical intelligence) ผู้มีอัจฉริยภาพด้านนี้มักจะคิดโดยใช้สัญลักษณ์ มีระบบ ระเบียบในการคิด ชอบคิด วิเคราะห์ แยกแยะสิ่งต่างๆ ให้เห็นชัดเจน ชอบคิดและทำอะไรตามเหตุผล เข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ง่าย ชอบและทำคณิตศาสตร์ได้ดี

2.4.3 ด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial intelligence) แสดงออกทางด้านศิลปะ การวาดภาพ การเห็นรายละเอียด การใช้สี การสร้างสรรค์งานต่างๆ มักจะเห็นวิธีแก้ปัญหาในมโนภาพ เป็นต้น ปัญหาด้านนี้ถูกคุมด้วยสมองซีกขวา

2.4.4 ด้านดนตรี (Musical intelligence) แสดงออกทางความสามารถในด้าน การร้องเพลง แต่งเพลง ไวต่อการรับรู้เสียงและจังหวะต่างๆ ปัญหาด้านนี้ถูกคุมด้วยสมองซีกขวา เช่นกัน

2.4.5 ด้านการเคลื่อนไหวร่างกายและกล้ามเนื้อ (Bodily kinesthetic intelligence) สมองส่วน คอร์เท็กซ์คุมปัญหาด้านนี้ โดยด้านซ้ายคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซีกขวา ด้านขวาคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายซีกซ้าย ซึ่งจะแสดงออกในด้านการเล่นกีฬา เล่นเกมต่างๆ การแสดง การเต้นรำ เป็นต้น

2.4.6 ด้านการสัมพันธ์กับผู้อื่น (Interpersonal intelligence) สมองส่วนหน้า เป็นส่วนที่คุมปัญหาด้านนี้ ซึ่งจะแสดงออกโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น การทำงานกับผู้อื่น การเข้าใจและเคารพผู้อื่น การแก้ปัญหา ความขัดแย้ง และการจัดระเบียบ เป็นต้น ผู้มีปัญหาด้านนี้มักจะชอบช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาแก่ผู้อื่น

2.4.7 ด้านการเข้าใจตนเอง (Intrapersonal intelligence) ปัญหาด้านนี้มักเกิดร่วมกับสติปัญหาด้านอื่น มีลักษณะเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างเซาวิปัญญา อย่างน้อยมี 2 ด้าน ซึ่งจะแสดงออกด้วยการเข้าใจตนเอง มักเป็นคนที่ชอบคิด ชอบความเงียบสงบ เป็นต้น

2.4.8 ด้านความเข้าใจธรรมชาติ (Naturalist intelligence) ปัญหาด้านนี้เป็นความสามารถในการสังเกตสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ การจำแนกแยกแยะ จัดหมวดหมู่สิ่งต่างๆ รอบตัว คนที่มีความสามารถด้านนี้มักเป็นผู้รักธรรมชาติ ชอบ และสนใจสัตว์ เป็นต้น

3. กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model เป็นแนวคิดของปราณี อ่อนศรี (2552, หน้า 82-83) มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 **ขั้นวิธีเพื่อการผ่อนคลาย (Approach to relaxation)** เป็นการตื่นตัวที่ผ่อนคลาย เป็นการพยายามลดความกลัวในตัวผู้เรียนและเสริมบรรยากาศที่ทำทหายการเรียนรู้ นักเรียนควรได้รับการทำทหายที่มีความเฉพาะตน ซึ่งจะกระตุ้นจิตใจของผู้เรียนให้มีความตื่นตัวที่จะเรียนรู้ เช่น การเปิดเพลงคลาสสิกให้เด็กฟัง การทำสมาธิก่อนเรียนเพื่อให้เด็กสงบและเป็นการปรับคลื่นสมองพร้อมที่จะเรียนรู้ ทำบรรยากาศในชั้นเรียนที่ผ่อนคลาย

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

เตรียมตัวก่อนเข้าสู่บทเรียน โดยทำสมาธิ หรือฟังเพลงบรรเลง ฟังบทควมธรรมะ เพื่อการผ่อนคลาย

3.2 **ขั้นการใช้ผังมโนทัศน์ (Concept mapping)** เป็นการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามการทำงานของสมองโดยที่สมองจะรับรู้และจัดแบบแผนสิ่งที่มีความหมายต่อตัวเรา ขณะเดียวกันก็จะแสวงหาและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่ๆ เพื่อให้ผู้เรียนจับประเด็นสำคัญและเข้าใจความหมาย การรวมกลุ่ม การแยกประเภท การตัดลึนใจ การจัดทำแผนที่ความคิด การจัดประเภท

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันและความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ผู้เรียนสรุปประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่เรียนที่ได้จากการอ่านใบงาน หนังสือเรียน การฟังการนำเสนองาน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น แล้วสรุปความรู้เป็นผังมโนทัศน์

3.3 **ขั้นการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of learning)** สมองจะเรียนรู้ได้ดีนั้น การเรียนการสอนจะต้องอิงอยู่กับบริบทที่เกี่ยวข้องเมื่อมีความจำแบบเชื่อมโยง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันหรือประสบการณ์ของตน และสามารถวิเคราะห์ประเด็นปัญหาจากความรู้ทางทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติ

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ผู้เรียนวิเคราะห์ประเด็นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามหลักการทางทฤษฎี ใช้ความรู้ที่ได้เชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่มีอยู่มาแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.4 **ขั้นการบริหารสมอง (Operation to Brain-Gym)** สมองจะมีการเรียนรู้ที่ดีถ้าใช้สมองทั้ง 2 ซีกไปด้วยกัน ทำได้โดยการออกกำลังกายควบคู่กันไปด้วย ซึ่งการบริหารสมองเป็นการช่วยให้สมองผู้เรียนทำงานเชื่อมโยงประสานกันได้ดีระหว่างซีกซ้ายและซีกขวา เกิดการผ่อนคลาย อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงสมองดีขึ้น

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ผู้เรียนฝึกการบริหารสมองประกอบด้วยการเคลื่อนไหวสลับข้าง การยืดส่วนต่างๆ ของร่างกาย การเคลื่อนไหวเพื่อกระตุ้น และการบริหารร่างกายง่ายๆ

3.5 ขั้นการคิดไตร่ตรอง (Reflection) ผู้เรียนเมื่อสมองการรับรู้หรือเรียนรู้สิ่งต่างๆ จะมีการดำเนินการกับข้อมูล การพิจารณาและไตร่ตรอง ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในขณะที่มีสติรู้ตัวและซึ่มซบในลักษณะแบบไม่รู้ตัว เป็นขั้นตอนที่พัฒนาประสิทธิภาพการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีการพิจารณาไตร่ตรองเนื้อหาที่เรียนและเกิดความสามารถในการคิดไตร่ตรอง

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ผู้เรียนมีการทบทวน ไคร่ครวญ สะท้อนคิดด้วยตนเองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนรู้

4. การบูรณาการเทคนิคต่างๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model

การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model เป็นการนำหลักการเกี่ยวกับสมองมาเชื่อมโยงกับการจัดการศึกษา สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ได้ดีเป็นความคิดระดับสูงที่ สามารถรวมเอาเทคนิคที่หลากหลาย แนวความคิดทางการศึกษาใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้หรือบูรณาการเทคนิคต่างๆ ที่หลากหลายมาใช้ ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานตามแบบ ACTOR Model ได้แก่ (ปรีชมน กาลพัฒน์, 2554, หน้า 4)

4.1 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Mastery Learning) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ครูทุกท่านสามารถนำไปปฏิบัติได้ โดยมีความเชื่อว่า ผู้เรียนทุกคนสามารถที่จะเรียนจนรอบรู้ได้ ถ้ามีเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ตามที่ต้องการ เป็นการช่วยให้ทุกคนได้เรียนรู้ จัดเป็นการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญที่ความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีความแตกต่างกัน การสอนจะเริ่มที่การทบทวนความรู้พื้นฐานก่อน ด้วยการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนแต่ละคน ถ้าหากพบข้อบกพร่อง จะต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงทันที เพื่อช่วยให้ผู้เรียนที่มีความแตกต่างกันนั้น มีความรู้ใกล้เคียงกัน ก่อนดำเนินกิจกรรมการสอน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นคุณภาพการสอน อันประกอบด้วย การชี้แนะ การให้แรงจูงใจ การให้นักเรียนมีส่วนร่วม และการแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียน

4.2 ลีลาการเรียนรู้ (Learning Styles) เป็นรูปแบบการเรียนรู้หรือลีลาการเรียนรู้ของมนุษย์ มนุษย์เรานั้นสามารถรับข้อมูลโดยผ่านเส้นทางการรับรู้ได้ 3 ทาง คือ การรับรู้ทางสายตา โดยการมองเห็น การรับรู้ทางโสตประสาทโดยการได้ยิน และการรับรู้ทางร่างกายโดยการเคลื่อนไหวและการรู้สึก ซึ่งสามารถนำมาจัดเป็นรูปแบบการเรียนรู้ได้ 3 ประเภทและผู้เรียนแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน

4.2.1 ผู้ที่เรียนรู้ทางสายตา (Visual Learner) จะเรียนรู้ได้ดีจากการเรียนจากรูปภาพ แผนผังแผนภูมิ การเรียนลักษณะนี้เหมือนเป็นการดูหนังแล้วจดจำภาพไว้ได้อย่างดี มีเนื้อหาที่เป็นเรื่องเป็นราว เวลาที่ผู้เรียนจะต้องการจดจำเนื้อหาส่วนใด ก็สามารถมีวิธีการผูกเรื่องเพื่อจำเรื่องราวนั้นๆ ได้ดี

4.2.2 ผู้ที่เรียนรู้ทางโสตประสาท (Auditory Learner) จะเรียนรู้ได้ดีที่สุดถ้าได้พูด ได้ฟัง จะไม่สนใจรูปภาพใดๆ แต่ชอบและสนใจในสิ่งที่ได้ฟังซ้ำๆ ชอบเล่าเรื่องให้คนอื่นฟัง เวลาอ่านหนังสือจะต้องอ่านออกเสียงดังๆ จึงจะจดจำได้ดี แต่มีข้อเสียคือ ผู้เรียนทางโสตประสาทอาจถูกรบกวนจากเสียงอื่นๆ จนทำให้ไม่มีสมาธิในการฟังได้

4.2.3 ผู้ที่เรียนรู้ทางร่างกายและความรู้สึก (Kinesthetic Learner) จะเรียนรู้ผ่านทางความรู้สึก การเคลื่อนไหวและร่างกายจึงจะจดจำได้ดี ต้องมีการสัมผัสและเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งที่เรียนด้วย เวลานั่งเรียนจะไม่อยู่นิ่งๆ จะไม่สนใจบทเรียนเท่าที่ควร ไม่สามารถจดจ่อกับสิ่งใด สิ่งหนึ่งได้นานๆ กลุ่มนี้จะมีปัญหาหากผู้สอนบรรยายอยู่หน้าชั้นเรียนอย่างเดียว ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนกลุ่มนี้ได้ โดยที่ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนรู้จักการแสดงออกมากขึ้นหรือให้ปฏิบัติจริง เช่น ให้เล่นละคร แสดงบทบาทสมมติ มีการสาธิตและทำการทดลอง

4.3 พหุปัญญา (Multiple Intelligences) คือ สติปัญญาความสามารถที่หลากหลายของบุคคลที่มี ความสามารถที่มาจากการถูกควบคุมโดยสมองแต่ละส่วน และการพัฒนาสมองต้องได้รับการเลี้ยงดูจากสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม การส่งเสริมความสามารถทางสติปัญญาในการทำกิจกรรมต่างๆ อย่างมีเป้าหมาย คิดอย่างมีเหตุผล และต้องจัดให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคลเพื่อให้พัฒนา ความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะบุคคลที่มีความสามารถทางด้านพหุปัญญา

4.3.1 ปัญญาด้านภาษา (Linguistic Intelligence) คือ ความสามารถในการใช้ภาษารูปแบบต่างๆ ตั้งแต่ภาษาพื้นเมืองจนถึงภาษาอื่นๆ สามารถรับรู้ เข้าใจภาษา และสามารถสื่อภาษาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตามที่ต้องการ

4.3.2 ปัญญาด้านตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Logical-Mathematical Intelligence) คือ ความสามารถในการคิดแบบมีเหตุ และผลการคิดเชิงนามธรรม การคิดคาดการณ์ และการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

4.3.3 ปัญญาด้านความสามารถในการรับรู้ทางสายตาได้ดี สามารถมองเห็นพื้นที่ รูปทรง ระยะทาง และตำแหน่ง อย่างสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน แล้วถ่ายทอดแสดงออกอย่างกลมกลืน มีความไวต่อการรับรู้ในเรื่องทิศทาง

4.3.4 ปัญญาด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว (Bodily Kinesthetic Intelligence) คือ ความสามารถในการควบคุมและแสดงออกซึ่งความคิด ความรู้สึก โดยใช้อวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงความสามารถในการใช้มือประดิษฐ์ ความคล่องแคล่ว ความแข็งแรง ความรวดเร็ว ความยืดหยุ่น ความประณีต และความไวทางประสาทสัมผัส

4.5 ปัญญาด้านดนตรี (Musical Intelligence) คือ ความสามารถในการซึมซับ และเข้าถึงสุนทรียะทางดนตรี ทั้งการได้ยิน การรับรู้ การจดจำ และการแต่งเพลง สามารถจดจำจังหวะ ทำนอง และโครงสร้างทางดนตรีได้ดี และถ่ายทอดออกมาโดยการฮัมเพลง เคาะจังหวะ เล่นดนตรี และร้องเพลง

4.6 ปัญญาด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจผู้อื่น ทั้งด้านความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ และเจตนาที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใน มีความไวในการสังเกต สีหน้า ท่าทาง น้ำเสียง สามารถตอบสนองได้อย่างเหมาะสม สร้างมิตรภาพได้ง่าย เจรจาต่อรอง ลดความขัดแย้ง สามารถจูงใจผู้อื่นได้ดี เป็นปัญญาด้านที่จำเป็นต้องมีอยู่ในทุกคน

4.7 ปัญญาด้านการเข้าใจตนเอง (Intrapersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการรู้จัก ตระหนักรู้ในตนเอง สามารถเท่าทันตนเอง ควบคุมการแสดงออกอย่างเหมาะสมตามกาลเทศะ และสถานการณ์ รู้ว่าเมื่อไหร่ควรเผชิญหน้า เมื่อไหร่ควรหลีกเลี่ยง เมื่อไหร่ต้องขอความช่วยเหลือ มองภาพตนเองตามความเป็นจริง รู้ถึงจุดอ่อน หรือข้อบกพร่องของตนเอง ในขณะเดียวกันก็รู้ว่าตนมีจุดแข็ง หรือความสามารถในเรื่องใด มีความรู้เท่าทันอารมณ์ ความรู้สึก ความคิด ความคาดหวัง ความปรารถนา และตัวตนของตนเองอย่างแท้จริง เป็นปัญญาด้านที่จำเป็นต้องมีอยู่ในทุกคน

4.8 ปัญญาด้านธรรมชาติวิทยา (Naturalist Intelligence) คือ ความสามารถในการรู้จัก และเข้าใจธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง เข้าใจกฎเกณฑ์ ปรากฏการณ์ และการรังสรรค์ต่างๆ ของธรรมชาติ มีความไวในการสังเกต เพื่อคาดการณ์ความเป็นไปของธรรมชาติ มีความสามารถในการจัดจำแนก แยกแยะประเภทของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์

4.9 การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) หมายถึงกระบวนการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้โดยแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกัน ออกเป็นกลุ่มเล็กๆ มีการทำงานร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน มีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งในส่วนตนและส่วนรวม เพื่อให้ตนเองและสมาชิกทุกคนในกลุ่มประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นการจัดการเรียนการสอนไม่ใช่วิธีการสอน การเรียนแบบร่วมมือเป็นวิธีการที่เน้นการจัดสภาพแวดล้อม

ทางการเรียนให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถต่างกัน แต่ละคนจะต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริงและในความสำเร็จของกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการแบ่งปันทรัพยากรการเรียนรู้ เป็นกำลังใจแก่กันและกัน สมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองเท่านั้น แต่จะต้องรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม ความสำเร็จของแต่ละบุคคลคือความสำเร็จของกลุ่ม

4.10 การสร้างสถานการณ์ (Practical Simulation) เป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยใช้ผู้เรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่น ที่สะท้อนความเป็นจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสถานการณ์นั้นๆ โดยใช้ข้อมูลที่มีสภาพคล้ายกับข้อมูลในความเป็นจริง ในการตัดสินใจและแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งการตัดสินใจนั้นจะส่งผลถึงผู้เล่นในลักษณะเดียวกันที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

4.11 การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง (Experiential Learning) เป็นกระบวนการสร้างความรู้ ทักษะ และเจตคติด้วยการนำเอาประสบการณ์เดิมของผู้เรียนมาบูรณาการเพื่อสร้างการเรียนรู้ใหม่ๆ ขึ้น การเรียนรู้เกิดเป็นวงจรต่อเนื่อง โดยผู้เรียนจะเคลื่อนจากการรับรู้ หรือการทำกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งจะส่งเสริมการเรียนรู้ทั้งหมด

4.12 การเรียนรู้จากการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning) เป็นการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะใฝ่หาความรู้เพื่อแก้ปัญหา โดยเน้นผู้เรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหาความรู้ และรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายในกลุ่มผู้เรียน โดยผู้สอนมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ซึ่งการเรียนรู้จากปัญหาอาจเป็นสถานการณ์จริง รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

4.12.1 ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (student-centered learning)

4.12.2 จัดกลุ่มผู้เรียนให้มีขนาดเล็ก (ประมาณ 3-5 คน)

4.12.3 ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) หรือผู้ให้คำแนะนำ (guide)

4.12.4 ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น (สิ่งเร้า) ให้เกิดการเรียนรู้

4.12.5 ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ต้องมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ

4.12.6 ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ๆ ด้วยตนเอง (self-directed learning)

4.12.7 การประเมิน ใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง (authentic assessment) ดูจากความสามารถในการปฏิบัติของผู้เรียน

ความสามารถในการคิดไตร่ตรอง

1. ความหมายของการคิดไตร่ตรอง

การคิดไตร่ตรอง มีผู้ให้คำภาษาไทยไว้แตกต่างกันหลายคำ ได้แก่ การคิดสะท้อน การคิดสะท้อนกลับจากภายใน การสะท้อนตนเอง การคิดทบทวน การย้อนคิด การคิดใคร่ครวญ การคิดวิเคราะห์แบบโต้ตอบ และการคิดไตร่ตรอง เป็นต้น จากการรวบรวมความหมายที่นักวิชาการต่างๆ ให้ไว้สรุปได้ว่า

ราชบัณฑิตยสถาน (2555, หน้า 452) ได้บัญญัติคำว่า reflective thinking เป็นภาษาไทยว่า “การคิดไตร่ตรอง” และอธิบายว่า การคิดไตร่ตรอง หมายถึง การคิดเกี่ยวกับความคิด ความรู้สึก พฤติกรรม ปฏิสัมพันธ์และการกระทำของตนเองและผู้อื่นในสถานการณ์และบริบทต่างๆ โดยมีการย้อนคิด วิเคราะห์ พิจารณาถึงเหตุผล ความรู้ ความเชื่อ หลักฐาน ผลที่เกิดขึ้น และความเหมาะสมกับบริบท การคิดไตร่ตรองเกิดขึ้นได้ทั้งในขณะที่บุคคลกำลังปฏิบัติงาน หรือเผชิญสถานการณ์ (reflection in action) หรือเป็นการพิจารณาถึงเหตุการณ์ที่ได้เกิดขึ้นแล้ว (reflection on action) หรือเป็นการคิดเพื่อใช้ปฏิบัติงานในอนาคต (reflection for action)

จอห์น ดิวอี้ (John Dewey, 1933 อ้างอิงใน ปราณี อ่อนศรี, 2552, หน้า 50) ระบุว่า การคิดไตร่ตรอง หมายถึง การคิดที่ใช้เหตุผลในการคิดและพิจารณาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างละเอียดรอบคอบคิดอย่างกระตือรือร้นและคิดอย่างต่อเนื่อง การพิจารณาความเชื่อหรือข้อสมมติจะใช้ความรู้ที่เป็นพื้นฐานมาช่วยในการพิจารณา ซึ่งองค์ประกอบของการคิดไตร่ตรอง ได้แก่ ข้อมูลประสบการณ์ที่มากพอจะใช้เป็นการไตร่ตรอง ความสมบูรณ์ของข้อเสนอแนะที่บุคคลมีอยู่ และความต่อเนื่องความเหมาะสมของข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหา

วารินทร์ แก้วอุไร (2541, หน้า 32) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายแบบตอบโต้หรือสะท้อนแง่มุมมองต่างๆ ของเหตุการณ์ใดๆ โดยเชื่อมโยงเหตุการณ์นั้นกับมโนทัศน์และหลักการที่เหมาะสมทั้งที่เป็นของผู้วิเคราะห์และของผู้อื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง บนพื้นฐานของการนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ที่แสดงให้เห็นถึงข้อสันนิษฐานการนำไปปฏิบัติและผลลัพธ์ของการปฏิบัติ โดยสามารถวิเคราะห์แยกแยะประเภทรายละเอียด จุดดีจุดด้อยของสิ่งนั้น ได้ความรู้และความหมายใหม่ตามแนวทางของตน แล้วใช้ความรู้นี้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาต่างๆ โดยเสนอแนวทางที่ตนเองคิดว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสม

ที่สุดแล้วกับบริบทต่างๆ ที่มีอยู่ ให้คุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้นและบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่จุดมุ่งหมายกำหนด

พรนิภา บรรจงมณี (2548, หน้า 30) กล่าวว่า การคิดไตร่ตรองเป็นความสามารถในการระบุนข้อเท็จจริง ปัญหา จุดบกพร่อง ประเด็น ข้อโต้แย้ง ตัวเลือก ความเชื่อ สมมติฐาน บทสรุป และเหตุผลจากบทอ่าน และสามารถนำความรู้และข้อมูลต่างๆ ที่ได้ไปสู่การระบุและแสดงคุณค่า ความรู้สึก ความเชื่อ และทฤษฎีของตนจากบทอ่าน โดยมีการแสดงเหตุผลและตัวอย่างสนับสนุนจากการใช้องค์ความรู้เดิมและประสบการณ์เดิมของตนอย่างมีเหตุผลและมีการพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อประเมินข้อความหรือเรื่องทีอ่านก่อนการตัดสินใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ต้องการ

พรทิพย์ ศิริสมบุญเวช (2547, หน้า 90) กล่าวว่า การคิดไตร่ตรองเป็นการคิดระดับสูงที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่มีความสงสัย หรือเป็นปัญหา ซึ่งจะต้องสร้างทางเลือกโดยการพิจารณาทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด และใช้เหตุผลประกอบการคิด เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจใหม่ และการตัดสินใจที่ถูกต้อง บุคคลที่มีการคิดไตร่ตรองย่อมแสดงถึงความเจริญทางวุฒิภาวะ และสติปัญญา เพราะสามารถแก้ไขปัญหา หรือความขัดแย้งได้อย่างมีเหตุผล

ชุลีกร ยิ้มสุด (2552, หน้า 10) กล่าวว่า การคิดไตร่ตรอง คือ การคิดพิจารณาอย่างรอบคอบ (Deliberative) การแสวงหาความรู้ (Inquiry) กระบวนการที่เป็นแบบแผน (Process) การเปลี่ยนแปลง (Change) หรือการปรับปรุงตนเอง (Self-Improvement) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการคิดไตร่ตรองคือการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบเกี่ยวกับความเชื่อหรือการกระทำ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น

สุรีวรรณ พองอินทร์ (2548, หน้า 24) กล่าวว่า การคิดไตร่ตรอง หมายถึงความสามารถในการคิดของบุคคลในการคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ดำเนินการคิดไปอย่างรอบคอบ มีเหตุมีผล ค่อยๆ คิดพิจารณา การคิดนั้นจะใช้ประสบการณ์ หลักฐานมาช่วยในการพิจารณาเรื่องนั้น และการคิดนี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณธรรมจริยธรรม เพื่อที่จะนำไปสู่ข้อสรุปที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติต่อไป

สมใจ พรหมสารี (2553, หน้า 13) กล่าวว่า การคิดไตร่ตรอง เป็นกระบวนการในการวินิจฉัยพิจารณาเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของตนอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อมองหาข้อควรปรับปรุงหรือเป็นปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา มองหาทางเลือกที่หลากหลายในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ

เลือกแนวทางที่เหมาะสมแล้วนำไปปฏิบัติ ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในและนำไปสู่การพัฒนาการปฏิบัติงานของตนเองให้ดีขึ้น

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดไตร่ตรอง หมายถึง การทบทวนใคร่ครวญต่อสิ่งที่คิด และสะท้อนคิดโดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หรือหลักการ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ การตัดสินใจเลือกแนวทาง

2. ความสำคัญของการคิดไตร่ตรอง

การคิดไตร่ตรองเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับครูในการปฏิบัติงานเพราะช่วยให้ครูตระหนักถึงสิ่งที่ปฏิบัติ เข้าใจตนเองและสามารถกำหนดทิศทางในอนาคตได้ ในขณะที่เดียวกันการคิดไตร่ตรองยังนำไปสู่การพัฒนาวิชาชีพ คือการคิดไตร่ตรองมีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจภายในที่สนับสนุนให้ครูมีการประเมินตนเองและได้ตอบภายในความคิดของครู มีอิทธิพลต่อมุมมองและเจตคติที่มีต่อบทบาท ปฏิสัมพันธ์ ความพอใจในการทำงาน การรับรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่เป็นอยู่และความก้าวหน้าของตนเอง (Duff, Brown and Van Scy, 1995, p.81; citing Katz, 1972 อ้างอิงใน ชุติกร ยิ้มสุด, 2551, หน้า 11) และการคิดไตร่ตรองช่วยเพิ่มศักยภาพเกี่ยวกับการสอน (York-Barr, et al., 2001, p.9 อ้างอิงใน ชุติกร ยิ้มสุด, 2551, หน้า 11) ทั้งนี้เพราะ

- 2.1 เปิดโอกาสให้ครูมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนอย่างต่อเนื่อง
- 2.2 ส่งเสริมให้ครูมีมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น การพิจารณาความซับซ้อนของปัญหาที่ปฏิบัติด้วยความคิดที่แตกต่างทำให้สามารถแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากกว่า และสามารถนำไปสู่ความเข้าใจ การยอมรับและนำไปใช้ได้กว้างขวางขึ้นด้วย
- 2.3 ทำให้เกิดความเข้าใจและสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ในบริบทของการทำงาน โดยการร่วมสร้างความรู้ใหม่ๆ ระหว่างคณะครู เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้หลายระดับ
- 2.4 ทำให้ครูรับรู้ความสามารถของตนเพิ่มขึ้นและเห็นว่าการคิดไตร่ตรองมีผลทางบวกต่อการแก้ปัญหาในบริบทงานของเขาส่งผลให้มีการพัฒนาพลังจูงใจมากขึ้น
- 2.5 ทำให้ครูมีฐานคติ ความรับผิดชอบต่อตนเองและการปรับปรุงตนเองมากกว่า โปรแกรมการพัฒนาครูที่เป็นระบบ ซึ่งมีเนื้อหาหรือกระบวนการสอนที่กำหนดตายตัว ทั้งนี้ เพราะครูได้เรียนรู้ด้วยตนเองและเพื่อนร่วมงาน
- 2.6 ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเพื่อนร่วมงานดีขึ้น ลดสภาพการทำงานที่โดดเดี่ยว
- 2.7 ทำให้ครูสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติ
- 2.8 ลดการสั่งการจากภายนอก

นอกจากนี้ ยังพบว่าความคิดไตร่ตรองทำให้ครูเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนดีขึ้นในด้านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้ของนักเรียน การใช้กลวิธีสอนที่หลากหลาย การบูรณาการความคิดรวบยอดที่ใช้ในการสอน การวางแผนและเตรียมการสอน การตัดสินใจในชั้นเรียนและมีความร่วมมือระหว่างครูในการร่วมพิจารณาเนื้อหาการสอน จึงกล่าวได้ว่าการคิดไตร่ตรองสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของครูจากประสบการณ์การสอนและส่งผลให้มีการพัฒนาการสอนโดยการสรรค์สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอีกด้วย

3. กระบวนการในการคิดไตร่ตรอง

การคิดไตร่ตรอง เป็นความสามารถทางสมองที่ปรากฏในลักษณะของการปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ในลักษณะของความสามารถด้านต่างๆ ที่เรียกว่า องค์ประกอบ ดังนั้น การกำหนดว่าการคิดไตร่ตรองจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการทำความเข้าใจและพัฒนาให้ถูกแนวทางเพื่อเป็นการหาข้อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ที่ประกอบกันเป็นการคิดไตร่ตรอง สามารถสรุปให้เห็นถึงแนวคิดที่มีผู้ศึกษาได้เสนอไว้เกี่ยวกับกระบวนการคิดไตร่ตรอง ดังนี้

Dewey (1933) กล่าวว่า กระบวนการคิดไตร่ตรองแบ่งได้ 2 ชั้น ได้แก่

1. ก่อนการคิดไตร่ตรอง (pre-reflective) เป็นจุดเริ่มต้นของการสะท้อน เมื่อบุคคลเผชิญสถานการณ์ที่มีปัญหา มีความสงสัยหรือสับสน จะทำให้เกิดการกำหนดปัญหาขึ้นเพื่อหาทางแก้ไข

2. ขั้นตอนการคิดไตร่ตรอง (stages of thinking) เป็นการดำเนินการคิดไตร่ตรองตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ขั้นการให้ข้อเสนอแนะหรือทางเลือกในการแก้ปัญหา

2.2 ขั้นการใช้กระบวนการทางปัญญาวิเคราะห์ความยากลำบากหรือความคลุมเครือของแต่ละทางเลือก เพื่อหาทางแก้ไข

2.3 ขั้นการใช้ทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งเป็นความคิดนำหรือสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางในการสังเกตหรือดำเนินการอย่างอื่นในการรวบรวมข้อเท็จจริง

2.4 ขั้นการใช้เหตุผลวิเคราะห์ความคิดหรือข้อสมมุติอย่างละเอียดถี่ถ้วนยิ่งขึ้น

2.5 ขั้นการทดลองสมมติฐาน โดยการกระทำอย่างเปิดเผย

บารอน (Baron, 1981) ได้แบ่งกระบวนการคิดไตร่ตรองเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การตระหนักในปัญหา (problem recognition) มีความสามารถในการรับรู้และจำแนกปัญหา

2. การระบุแนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา (enumeration of possibility)

3. การใช้เหตุผล (reasoning) เป็นการให้ข้อเสนอนะและเหตุผลได้ว่า ทำไมจึงใช้วิธีนี้ ในการแก้ปัญหาโดยการหาหลักฐานมาสนับสนุนความเป็นไปได้

4. การพิจารณาแก้ไขปรับปรุง (revision) เป็นการทบทวนเหตุผลที่กล่าวอ้างใหม่ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่จะนำไปใช้ได้อย่างได้ผล

5. การประเมินผล (evaluation) เพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงแนวทาง ที่ดีที่สุดที่จะนำไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้กระบวนการคิดไตร่ตรองตามแนวคิดของ บารอน (Baron, 1981) ได้แก่ 1) การตระหนักในปัญหา (problem recognition) 2) การระบุแนวทางที่เป็นไปได้ในการ แก้ปัญหา (numeration of possibility) 3) การใช้เหตุผล (reasoning) 4) การพิจารณาแก้ไข ปรับปรุง (revision) 5) การประเมินผล (evaluation) เนื่องจากเป็นกระบวนการคิดที่มีกระบวนการ คิดระดับง่ายไปจนถึงระดับยาก สามารถนำมาใช้วัดความสามารถในการคิดไตร่ตรองของผู้เรียนได้

4. บทบาทของครูผู้สอนในการฝึกการคิดไตร่ตรอง

ครูผู้สอนถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญในการสอนการคิดไตร่ตรอง เพราะบทบาทของ ครูผู้สอนมีผลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการเรียนการสอน ดังนั้น บทบาทของครูผู้สอน ที่ดีที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดไตร่ตรองของผู้เรียน มีดังนี้

4.1 ครูผู้สอนสามารถสร้างความสัมพันธ์อันดีกับผู้เรียนแต่ละคน ทำให้ผู้เรียน แต่ละคนรู้สึกว่าคุณมีความสัมพันธ์เท่าๆ กันกับผู้เรียนคนอื่นๆ

4.2 ครูผู้สอนไม่เพียงแต่มีบทบาทหรือหน้าที่เพียงเป็นครูผู้สอนเท่านั้น แต่สามารถ มีบทบาทและหน้าที่อื่นๆ ได้

4.3 ครูผู้สอนจะต้องมีความเชื่อมั่นและเป็นที่เคารพนับถือของนักเรียน

4.4 ครูผู้สอนจะต้องทำทนายผู้เรียนและตนเองในขณะเดียวกันต้องมองเห็นคุณค่าของผู้เรียน อดทน และเคารพความคิดเห็นของผู้เรียน พยายามให้คำชมเชยในแง่บวกแก่ผู้เรียน

4.5 ครูผู้สอนควรจัดการเรียนการสอนให้สนุกสนาน ชัดเจน และง่ายต่อการเข้าใจ การที่ครูผู้สอนสามารถทำเช่นนั้นได้ จำเป็นต้องรักหรือชอบวิชาที่สอนของตน

4.6 ครูผู้สอนต้องเป็นผู้นำทางปัญญา หมายความว่า ครูเป็นผู้นำทางสังคมเพราะ จำเป็นต้องมีความรู้ลึกซึ้งและกว้างขวาง รวมทั้งมีประสบการณ์ต่างๆ มากมาย ครูผู้สอน จำเป็นต้องมีการเตรียมวางแผนการสอนเป็นพิเศษสำหรับการเรียนการสอนที่เฉพาะเจาะจง

4.7 ครูผู้สอนมีความสามารถในการบ่มเพาะทัศนคติที่ดีให้แก่ผู้เรียน โดยการ พยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีการสื่อสารความคิดที่กว้างขวาง ดังนั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องรู้เทคนิควิธีการสอนที่หลากหลายและมีความสามารถในทักษะต่างๆ

ดังนั้น บทบาทของครูผู้สอนในการคิดไตร่ตรองเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการคิดไตร่ตรอง นอกจากครูจะมีความรู้ในศาสตร์นั้นแล้ว จะต้องรู้วิธีทำให้เนื้อหาเหล่านี้ อยู่ในรูปที่สามารถถ่ายทอดไปสู่ผู้เรียนได้ ครูผู้สอนจำเป็นต้องศึกษาเทคนิคการสอน ทำการวิจัย กระบวนการสอนแบบต่างๆ เพื่อค้นหาวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพมากไปกว่านั้น ครูผู้สอน จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาการธรรมชาติของผู้เรียน ต้องเข้าใจในตัวผู้เรียน ซึ่งเป็น ปัจจัยสำคัญที่กำหนดว่าจะสอนอะไรและควรสอนโดยวิธีใด

5. การวัดความสามารถในการคิดไตร่ตรอง

ในการวัดและประเมินผลความสามารถด้านการคิดไตร่ตรองนั้น สามารถทำได้หลายวิธีด้วยการใช้เครื่องมือหรือกลยุทธ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น King and Kitchener (1994) จึงเสนอว่า จะต้องมียุทธวิธีหลายอย่างผสมผสานกัน เพื่อที่ต้องนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการคิดไตร่ตรอง เช่น การเขียนบทความ การตรวจสอบโดยเพื่อน ที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการคิดไตร่ตรอง ซึ่งในการวัดความสามารถในการคิดไตร่ตรองนั้น มีนักการศึกษาได้กำหนดเกณฑ์สำหรับพิจารณาแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถรวบรวมมาได้ ดังนี้

Halton and Smith (1995 อ้างอิงใน ศุภิกา ศรีนันทกุล, 2551, หน้า 64) ได้สร้างแบบวัดและประเมินการคิดไตร่ตรองโดยใช้ Rubric System ซึ่งได้แบ่งระดับการคิดไตร่ตรองเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การเขียนบรรยายเหตุการณ์ (Descriptive writing) โดยที่ไม่มีการคิดไตร่ตรองเป็นเพียงการบรรยายเหตุการณ์หรือสถานการณ์ใดๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้

ระดับที่ 2 การอธิบายแบบไตร่ตรอง (Descriptive reflection) โดยการให้เหตุผล ที่มาจากการตัดสินใจของตัวเอง ตามกรอบแนวคิดของตนเองต่อสถานการณ์หรือปัญหาต่างๆ

ระดับที่ 3 การสนทนาแบบไตร่ตรอง (Discourse reflection) เป็นการพูดหรือสนทนากับตัวเอง เพื่อค้นหาเหตุผลที่เหมาะสม

ระดับที่ 4 การไตร่ตรองอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Reflection) เป็นการเชื่อมโยงความคิด หรือเหตุผลนั้นๆ ไปยังเหตุการณ์ทั้งในอดีตและปัจจุบัน รวมทั้งบริบทสังคมที่แวดล้อมรอบตนเองได้

ในการวัดการคิดไตร่ตรองนั้น จะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้ 1) เรื่องหรือเนื้อหาที่ต้องการไตร่ตรอง 2) เหตุผลว่าทำไมต้องไตร่ตรองในเรื่องนั้น 3) จุดประสงค์ของการไตร่ตรอง และ 4) วิธีธรรมชาติที่ใช้ในการไตร่ตรองคืออะไร

Moon (1999 อ้างอิงใน ศุภิกา ศรีนันทกุล, 2551, หน้า 64) เสนอองค์ประกอบในการตัดสินใจการคิดไตร่ตรอง 3 ประการ คือ ประการแรก ดูที่ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

โดยที่ความสัมพันธ์ที่ดีที่ผู้เรียนมีต่อผู้สอนจะส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์และการคิดไตร่ตรองของนักเรียนสูง ประการที่สอง การดูที่การผลิตผลงานใหม่ๆ ผู้ที่มีความคิดไตร่ตรองนั้นจะเป็นผู้ที่มีความคิดริเริ่มผลิตผลงานใหม่ๆ ประการที่สามให้ดูจากความพึงพอใจซึ่งพบว่าการทำงานตามความเคยชินจะทำให้การคิดไตร่ตรองลดลง ความสนุกสนาน ความพึงพอใจในเรื่องที่ทำอยู่มีส่วนทำให้การคิดไตร่ตรองมีมากขึ้น

ทั้งนี้ เนื่องจากการคิดไตร่ตรองนั้นมีลักษณะเป็นนามธรรมและเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่ภายในสมองของคนจึงจำเป็นต้องเลือกวิธีการวัดความสามารถในการคิดไตร่ตรองให้เหมาะสมกับกิจกรรมและผู้เรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 25) ได้กล่าวเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิทยาศาสตร์ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ
2. ด้านความเข้าใจ
3. ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 122) ได้อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองต่างๆ ของนักเรียนที่ได้จากการเรียนรู้อะไร การค้นคว้า การอบรม การสั่งสอน หรือได้จากประสบการณ์ที่ได้รับจากโรงเรียน ทาง บ้าน และแหล่งอื่นๆ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 295) ได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้จากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอนซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนอันเกิดจากการได้รับการเรียนรู้ ทั้งทางด้านเนื้อหา และทักษะในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังได้ศึกษาในเรื่องนั้นๆ และเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

2. จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 16) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. วินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ การใช้เทคโนโลยี รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนด้านจิตวิทยาศาสตร์และโอกาสของการเรียนรู้ เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปเป็นแนวทางพัฒนาผู้เรียนอย่างเต็มตามศักยภาพ

2. ตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ ของสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ผลการตรวจสอบซึ่งบ่งคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. รวบรวมข้อมูลและจัดระบบสารสนเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อมีสารสนเทศที่สมบูรณ์ทันต่อการนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนและพัฒนาการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางการกำหนดนโยบายการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ได้ มาตรฐานที่สูงยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความเท่าทันกับนานาประเทศ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 29-30) กล่าวไว้ว่า เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของสมรรถภาพของบุคคล ดังนี้

1. เพื่อทราบว่านักเรียนได้บรรลุเป้าหมายของการเรียนหรือไม่ นักเรียนมีความรู้ความสามารถมากน้อยเพียงใด เพื่อเปรียบเทียบหรือบันทึกความเจริญงอกงามของการเรียนรู้

2. เพื่อแก้ไขปรับปรุงการเรียนการสอน โดยถือว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน

3. เพื่อประเมินผล การวัดผลสัมฤทธิ์ทุกครั้งจะต้องมีการประเมินทุกครั้ง เพื่อจะได้อธิบายว่านักเรียนอยู่ในตำแหน่งใดของกลุ่ม บรรลุเป้าหมายในสิ่งที่สอนเป็นที่พอใจของผู้สอนหรือไม่

3. พฤติกรรมทางการศึกษาในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรมทางการศึกษา (educational behavior) เป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ จะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนอันประกอบด้วยความรู้ ความสามารถ ทักษะ และลักษณะนิสัยต่างๆ ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอนจึงต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์และจะต้องมีการตรวจสอบผลด้วย

พฤติกรรมทางการศึกษาที่นิยมใช้ในปัจจุบันในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิยมใช้พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) ของบลูมและคณะ (Bloom and other) เป็นสมรรถภาพทางด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 6 ระดับเรียง

ตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (พิชิต ฤทธิจรูญ, 2555, หน้า 31-36)

1. ความรู้-ความจำ (knowledge) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการทรงไว้หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่างๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1.1 ความรู้ในเรื่องเฉพาะ (knowledge of specifics) เป็นสมรรถภาพทางสมองขั้นต่ำสุดที่จะเป็นพื้นฐานให้เกิดสมรรถภาพขั้นสูงที่ซับซ้อน และเป็นนามธรรมต่อไป จำแนกเป็น 2 ข้อ คือ

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (knowledge of terminology) เป็นความสามารถในการบอกความหมายของคำและสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น ให้คำนิยามศัพท์ทางคณิตศาสตร์ได้ บอกความหมายของ “การวิจัย” ได้ เป็นต้น

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริงบางอย่าง (knowledge of specific facts) เป็นความสามารถในการบอกกฎ สูตร ทฤษฎี และข้อเท็จจริงต่างๆ เช่น สามารถบอกสูตรการหาพื้นที่สามเหลี่ยมได้ บอกสาเหตุที่ไทยเสียกรุงศรีอยุธยาครั้งที่ 2 ตามที่เรียนรู้อมาได้

1.2 ความรู้ในวิธีดำเนินการ (knowledge of ways and means of dealing with specifics) เป็นความรู้ในเรื่องของวิธีการ และการจัดระเบียบ จำแนกเป็น 5 ลักษณะ คือ

1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน (knowledge of convention) เป็นความสามารถในการบอกรูปแบบ การปฏิบัติ และแบบฟอร์มหรือระเบียบที่เหมาะสมในการปฏิบัติซึ่งเป็นที่ยอมรับของคนส่วนใหญ่ เช่น บอกลักษณะการแต่งกายของชาวเขาเผ่าต่างๆ ได้ บอกแผนผังโคลงสี่สุภาพได้ เป็นต้น

1.2.2 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม (knowledge of trends and sequence) เป็นความสามารถในการบอกขั้นตอนก่อนหลัง และทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น บอกได้ว่าการขับรถยนต์ควรทำอะไรก่อนหลัง บอกแนวโน้มของปัญหาจราจรในกรุงเทพฯ ในอนาคตได้ เป็นต้น

1.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภท (knowledge of classification and categories) เป็นความสามารถในการจำแนก จัดหมวดหมู่ ความเหมือนและความแตกต่างตามคุณลักษณะ คุณสมบัติ และหน้าที่ของสิ่งต่างๆ เรื่องราว หรือปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น สามารถจัดประเภทของอาหารจำแนกตามคุณค่าอาหารได้ สามารถจัดหมวดหมู่ของวันตามเหตุการณ์ได้ เป็นต้น

1.2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ (knowledge of criteria) เป็นความสามารถในการบอกเกณฑ์ หลักการในการตรวจสอบ และวินิจฉัยข้อเท็จจริงต่างๆ เช่น บอกได้ว่าอะไรเป็นเครื่องชี้ว่าสารนั้นเป็นกรดหรือด่าง บอกได้ว่าอะไรเป็นเกณฑ์ตัดสินว่าใครผ่านหรือไม่ผ่าน เป็นต้น

1.2.5 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ (knowledge of methodology) เป็นความสามารถในการบอกเทคนิค กระบวนการ และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ในอันที่จะให้ได้มาของผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น บอกวิธีการเตรียมดินปลูกผักได้ บอกวิธีการแก๊สมการได้ เป็นต้น

1.3 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง (knowledge of the universal and abstractions in a field) เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อสรุปลักษณะสามัญของสิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยายหลักวิชา (knowledge of principles and generalization) เป็นความรู้ในการสรุปใจความสำคัญของเรื่องและนำหลักหรือความรู้ที่ได้ไปอภิปรายเรื่องอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกันได้ เช่น บอกได้ว่าการเกิดฝนตกเกิดจากอะไร จำนวนผู้แทนราษฎรแต่ละจังหวัดพิจารณาจากสิ่งใด เป็นต้น

1.3.2 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง (knowledge of theories and structures) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาหลายๆ หลักวิชา ซึ่งอยู่ในสกุลเดียวกันมาสัมพันธ์กันจนได้เป็นโครงสร้างของเนื้อความใหม่ในเรื่องเดียวกันได้ เช่น สามารถสรุปคำสอนของพุทธศาสนาที่ได้เรียนรู้มาได้ บอกคุณสมบัติร่วมของเพศชายและเพศหญิงได้ บอกคุณสมบัติร่วมของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ เป็นต้น

2. ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกว่ามีความเข้าใจมี 3 ลักษณะ คือ

2.1 การแปลความ (translation) เป็นความสามารถในการถอดความหมายของภาษาหนึ่งหรือแบบฟอร์มหนึ่งไปสู่ภาษาหนึ่งหรืออีกแบบฟอร์มหนึ่ง ซึ่งอาจแปลได้หลายลักษณะ ดังนี้

2.1.1 แปลจากภาษาสามัญเป็นภาษาเทคนิค หรือจากภาษาเทคนิคเป็นภาษาสามัญ

2.2.2 แปลจากภาษาพูดเป็นภาษาเขียน

2.2.3 แปลจากพฤติกรรม รูปภาพ ท่าทาง เป็นข้อความหรือจากข้อความ เป็นพฤติกรรม รูปภาพ และท่าทาง

ตัวอย่างการแปลความ เช่น แปลประโยคภาษาอังกฤษ เป็นภาษาไทย แปลความหมายของคำสุภาชิต แปลความหมายจากแผนภูมิ เป็นต้น

2.2 การตีความ (interpretation) เป็นความสามารถในการสรุปความ การแปลความ มองภาพส่วนรวมมาเป็นใจความสั้นๆ อย่างได้ใจความ เช่น อ่านเรื่องแล้วตีความหมาย ข้อคิดที่แฝงอยู่ในเนื้อเรื่องได้ อ่านเรื่องแล้วค้นหาจุดมุ่งหมายของผู้แต่งได้ เป็นต้น

2.3 การขยายความ (extrapolation) เป็นความสามารถในการเสริมแต่งหรือขยายแนวความคิดให้กว้างไกลไปจากข้อมูลเดิมอย่างสมเหตุสมผลซึ่งต้องอาศัยการแปลความหมาย และการตีความประกอบกันจึงจะสามารถขยายความหมายของเรื่องราวนั้นได้ เช่น การอ่านเรื่องที่แต่งยังไม่จบแล้วขยายความคิดได้ว่าตอนจบน่าจะเป็นอย่างไร คาดคะเนเหตุการณ์ที่เกิดก่อนเหตุการณ์นี้ได้ เหตุการณ์นี้ควรเกิดในสถานที่เช่นไร เป็นต้น

3. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหา ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน เช่น การนำสูตรหาพื้นที่สามเหลี่ยมไปใช้หาพื้นที่สามเหลี่ยมรูปใหม่ได้ การแก้ประโยคที่เขียนไวยากกรณีผิดได้ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้นๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ (analysis of element) เป็นความสามารถในการค้นหาจุดสำคัญหรือหัวใจของเรื่อง ค้นหาสาเหตุ ผลลัพธ์ และจุดมุ่งหมายสำคัญของเรื่องราวต่างๆ เช่น อ่านบทความแล้วบอกได้ว่าหัวใจสำคัญของเรื่องคืออะไร ค้นหาเหตุผลของเรื่องราวที่อ่านได้ เป็นต้น

4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (analysis of relationship) เป็นความสามารถในการค้นหาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน และพาดพิงกันระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ว่ามีความเกี่ยวข้องกันในลักษณะใด คล้อยตามกัน หรือขัดแย้งกัน เกี่ยวข้องกัน หรือไม่เกี่ยวข้องกัน เช่น แยกข้อความที่ไม่จำเป็นในคำถามได้ ค้นหาความสัมพันธ์ของเบญจศีลกับเบญจธรรมเป็นรายข้อได้ เป็นต้น

4.3 วิเคราะห์หลักการ (analysis of organizational principles) เป็นความสามารถในการค้นหาว่า การที่โครงสร้างและระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว และการกระทำต่างๆ ที่ร่วมกันอยู่ในสภาพเช่นนั้นได้เพราะยึดหลักการหรือแกนอะไรเป็นสำคัญ เช่น การที่กระตักน้ำร้อน

สามารถเก็บความร้อนไว้ได้เพราะยึดหลักการใด การทำสงครามปัจจุบันใช้วิธีโฆษณาชวนเชื่อ เพราะยึดหลักการใด เป็นต้น

5. การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิมแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

5.1 การสังเคราะห์ข้อความ (production of unique communication) เป็นความสามารถในการสังเคราะห์ข้อความโดยสื่อ หรือโดยการพูด การเขียน การวิพากษ์วิจารณ์ หาข้อยุติ บางประการ เช่น สามารถแต่งเรื่องราวหรือบทกลอนได้โดยไม่ลอกเลียน ใครสามารถวาดภาพ โดยอาศัยจินตนาการของตนเองได้ เป็นต้น

5.2 การสังเคราะห์แผนงาน (production of plan, or proposed set of operation) เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทางวางแผน ออกแบบ เขียนโครงการหรือโครงการต่างๆ ล่วงหน้าขึ้นมาใหม่ให้สอดคล้องกับข้อมูลและจุดมุ่งหมายที่วางไว้ เช่น เขียนโครงการวิทยาศาสตร์ ได้ วางแผนจัดกิจกรรมวันเด็กได้ เป็นต้น

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (derivation of a set of abstract relations) เป็นความสามารถในการนำเอานามธรรมย่อยๆ มาจัดระบบของข้อเท็จจริงหรือส่วนประกอบมา ผสมผสานให้เป็นสิ่งสำเร็จรูปหน่วยใหม่ที่แปลกไปจากเดิม เกิดเป็นเรื่องราวใหม่ เป็นทฤษฎี กฎ สมมติฐาน หรือสูตรขึ้น เช่น ให้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาที่มีสาเหตุและผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ เมื่อกำหนดข้อเท็จจริงหรือเงื่อนไขของเรื่องราวให้แล้วสมมติสถานการณ์ที่เกิดขึ้น สามารถหาข้อยุติหรือข้อสรุปของเรื่องนั้นในแง่มุมต่างๆ ได้

6. การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงสรุป เกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

6.1 ประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ภายใน (Judgment in terms of internal evidence) เป็นความสามารถในการตัดสินเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งโดยใช้เนื้อหาสาระ ในเหตุการณ์นั้นเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน เช่น อ่านเนื้อเรื่องแล้วสามารถตัดสินได้ว่าตัวละครใด เป็นคนดี เลวตามเนื้อเรื่องนี้ปรากฏนั้น การตัดสินพฤติกรรมของนักเรียนว่ากระทำถูกต้องหรือไม่ ตามระเบียบของโรงเรียนนั้น เป็นต้น

6.2 ประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก (Judgment in terms of external criteria) เป็นความสามารถในการตัดสินเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง โดยใช้เกณฑ์ที่ไม่ได้ปรากฏ

ตามเนื้อเรื่องหรือเหตุการณ์นั้นๆ แต่ใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นมาใหม่ซึ่งอาจเป็นเกณฑ์ตามหลักเหตุผลหรือเกณฑ์ที่สังคมหรือระเบียบประเพณีกำหนดไว้ก็ได้ เช่น การตัดสินพฤติกรรมของเด็กวัยรุ่นโดยใช้เกณฑ์วัฒนธรรมไทยว่าเหมาะสมหรือไม่ซึ่งอาจแตกต่างจากการตัดสินโดยใช้เกณฑ์จิตวิทยาวัยรุ่น การตัดสินคุณค่าของวิชาบางวิชาตามสภาพสังคมปัจจุบันว่ามีคุณค่าเพียงใดกับการเรียนในยุคปัจจุบัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็นหลายแบบตามแนวคิดของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS, 1970) สามารถสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งตามลักษณะความยากง่ายของทักษะต่างๆ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ผู้เรียนควรฝึกให้เกิดความชำนาญเป็นพื้นฐานก่อนที่จะไปฝึกทักษะกระบวนการขั้นสูงหรือขั้นบูรณาการ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานประกอบด้วย 8 ทักษะ คือ

4.1.1 ทักษะการสังเกต (Observation)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2532, หน้า 5) กล่าวว่า การสังเกต หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและกายสัมผัสเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้ว่า เป็นการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสวัตถุ หรือเหตุการณ์โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชีบ่งและบรรยายคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกตเกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ โดยการกะประมาณ บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

สรุปว่า ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใด อย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง ไปสัมผัสโดยตรงกับ

วัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติ หรือจากการทดลองโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกต ลงไปด้วย การบันทึกการสังเกตบันทึกตามความเป็นจริง ตรงไปตรงมา การบันทึกที่ดีควรกระทำ ในขณะที่ทำทันที

4.1.2 ทักษะการวัด (Measurement)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

ภพ เลาน์ไพบูลย์ (2542, หน้า 15) กล่าวว่า ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการวัดได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด เช่น เลือกไม้บรรทัดวัดความยาวของสมุด ใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณสิ่งต่างๆ ได้ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณสิ่งต่างๆ ออกเป็นตัวเลขที่แน่นอนเหมาะสมและถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับ

ไตรภพ เทียบพิมพ์ (2546, หน้า 21) กล่าวว่า การวัดเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะการสังเกตเพียงอย่างเดียว ทำให้ทราบลักษณะรูปร่างและสมบัติทั่วไปของวัตถุเท่านั้น ไม่สามารถบอกรายละเอียดเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ การวัดโดยใช้ประสาทสัมผัสของร่างกาย บางครั้งเชื่อถือไม่ได้และไม่ถูกต้อง จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่างๆ ช่วยในการวัด เช่น ไม้บรรทัด เครื่องชั่ง เทอร์โมมิเตอร์ ข้อมูลที่ได้จากการวัดส่วนมากจะมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับอยู่ด้วยเสมอ ข้อมูลที่ได้จากการวัดจัดว่าเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ คือข้อมูลที่สามารถวัดและตรวจสอบได้อย่างชัดเจน ด้วยเครื่องมือตรวจวัด สามารถระบุจำนวน ขนาด หรือปริมาณ เป็นตัวเลขได้

สรุปว่า ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการวัดได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด มีการเลือกและใช้เครื่องมือเพื่อทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้เหมาะสม และถูกต้อง ข้อมูลที่ได้จากการวัดเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ สามารถวัดและตรวจสอบได้อย่างชัดเจน โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

4.1.3 ทักษะการคำนวณ (Using Number)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจาก

แหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ยกกำลัง ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมายในเชิงสถิติ เพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายและสรุปผลต่อไป

ภพ เลหาที่ไพบูลย์ (2542, หน้า 17) กล่าวว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551, หน้า 30) กล่าวว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุหรือเหตุการณ์และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่นๆ

สรุปว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น โดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หรือวิธีการคำนวณอื่นๆ

4.1.4 ทักษะการจำแนกประเภท (Classification)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2537, หน้า 182) ได้กล่าวว่า การจำแนกประเภท หมายถึง การจัดวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เกณฑ์นี้อาจเป็นความเหมือนความสัมพันธ์ภายในหรือประโยชน์ใช้สอยอย่างใดอย่างหนึ่งเช่น สี รูปร่าง รส ขนาด ลักษณะ เป็นต้น

ภพ เลหาที่ไพบูลย์ (2542, หน้า 18) กล่าวว่า ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงวัตถุ หรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนกเกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

สรุปได้ว่า ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดแบ่ง เรียงลำดับของวัตถุ สิ่งของที่มีอยู่ให้เป็นหมวดหมู่ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นอาจจะเป็น

เกณฑ์ในส่วนต่างๆ เช่น สี วัสดุ ขนาด รูปร่าง ลักษณะ ความเหมือน การแยกตามตัวอักษร ความต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ รวมทั้งการสร้างเกณฑ์ในการจัดพวกให้สามารถมีลักษณะร่วมกันหรืออยู่ในพวกเดียวกันได้ นอกจากนี้เด็กยังสามารถบอกเหตุผลในการเลือกสิ่งของที่ที่จำแนกตามประเภทและการแบ่งหมวดหมู่ได้

4.1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space/Space Relationship and Space-time Relationship)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ จะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุมี 3 มิติ กับ 2 มิติ เช่น ถ้าเอาลูกฟุตบอลไปวางไว้ในที่ว่าง ที่ว่างที่ถูกแทนที่ก็จะประกอบกันเป็นปริมาตร ซึ่งมีปริมาตรและรูปร่างเช่นเดียวกันกับลูกฟุตบอล

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ภพ เลหาห์ไพบูลย์ (2542, หน้า 19) กล่าวว่า ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกันกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้ว สเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ ซึ่งได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัตถุ

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปซ ของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551, หน้า 30) กล่าวว่า สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปซของวัตถุ มีลักษณะเป็นสามมิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุอีกชนิดหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา ได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่างๆ กัน

สรุปได้ว่า ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ 2) สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร 3) ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง 4) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของกับเวลาหรือสเปส ของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

4.1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2532, หน้า 6) กล่าวว่า การสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือการคำนวณค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายดีขึ้น โดยอาจจะเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น

รุจิระ สุภรณ์ไพบูลย์ (2539, หน้า 64) กล่าวว่า การสื่อความหมาย (Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง ฯลฯ การจัดกระทำเสียใหม่ เช่น การเรียงลำดับ หาความถี่ แยกประเภทคำนวณหาค่าใหม่ โดยนำมาจัดเสนอในรูปแบบใหม่ เช่น รูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ อย่างไรก็ดี หนึ่งหรือหลายอย่าง

สรุปว่า ทักษะการสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง ฯลฯ มาจัดกระทำให้มีความสัมพันธ์ ที่จะทำให้ง่ายต่อการสื่อความหมายเพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจ อาจจะเป็นการจัดทำข้อมูลในรูปแบบของการนำเสนอที่เป็นรูปภาพ แผนภูมิ กราฟ ภาษาเขียนและอื่นๆ ที่จะเป็นการสื่อความหมายให้ผู้อื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

4.1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์มาช่วยการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้นๆ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 23) กล่าวว่า ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

สรุปได้ว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลองอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้นๆ

4.1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Prediction)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

อนันต์ จันทร์ทวี (2523, หน้า 177) ได้กล่าวว่า การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้ศึกษามาแล้ว หรือ ปรัชญาการณณ์ที่เกิดขึ้นๆ กัน ผลการพยากรณ์จะถูกต้องแม่นยำเพียงใด เป็นผลมาจากการสังเกตอย่างรอบคอบ และการวัดที่ถูกต้อง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ

- 1) การพยากรณ์ทั่วไป เช่น การทำนายผลที่เกิดจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่
- 2) การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524, หน้า 11) กล่าวว่า การพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุปการพยากรณ์เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

สรุปได้ว่า การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า เป็นการคาดคะเนคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลจาก หลักการ กฎ ทฤษฎี และความสัมพันธ์ต่างๆ เข้ามาช่วยให้ผลของการพยากรณ์จะถูกต้องเพียงใดขึ้นอยู่กับการสังเกตอย่างรอบคอบรวมทั้งการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมหรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Intergraded Science Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อนจึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมหรือขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้

4.2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypothesis)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า สมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบ หรือที่มาของปัญหา โดยยังไม่มีผลการทดลองเพื่อพิสูจน์ความเป็นไปได้ของปัญหา สมมติฐานอาจถูกหรือผิดก็ได้ ถ้าทดสอบแล้วปรากฏว่าไม่เป็นความจริง สมมติฐานนั้นก็จะถูกยกเลิกไป ส่วนสมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันแล้วว่าเป็นความจริง ก็จะกลายเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี แล้วแต่กรณี

กู๊ด (Good, 1973, หน้า 289) ให้ความหมายของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า เป็นความสามารถในการคาดคะเนคำตอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาหรือกฎทั่วไปที่จะอธิบายองค์ประกอบต่างๆ

สรุปได้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบไว้ล่วงหน้า ก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมมักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

4.2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการให้ความหมาย หรือคำจำกัดความของคำศัพท์เฉพาะ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน คำจำกัดความที่ให้ต้องใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย มีความรัดกุมและเหมาะสมกับระดับการศึกษา นิยามเชิงปฏิบัติการจะต้องระบุสิ่งที่สังเกตและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

ภพ เลหาพิบูลย์ (2542, หน้า 26) ได้กล่าวว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด การทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

สรุปได้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

4.2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การกำหนดตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสถานการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา ในการทดลองต่างๆ ที่ต้องการผลการทดลองที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ จึงต้องมีการควบคุมตัวแปรเป็นอย่างดี ตัวแปร มี 3 ประเภท ได้แก่

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือ สิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรควบคุม คือ การควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้เกิดผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่สามารถควบคุมให้เหมือนกัน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 27) กล่าวว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534, หน้า 56) ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่
2. ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตาม หรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย
3. ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม ในสมมติฐานหนึ่งๆ

สรุปได้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ ได้อย่างถูกต้อง จึงต้องมีการควบคุมตัวแปรเป็นอย่างดี ตัวแปร มี 3 ประเภท ได้แก่

1. ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งเร้าที่ต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่
2. ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย
3. ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วยซึ่งต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

4.2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า 246) กล่าวว่า การทดลอง คือ การสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นมาอย่างหนึ่งเพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ไว้แล้ว เพื่อจะได้ตรวจสอบซ้ำได้อีก การทดลองมีวัตถุประสงค์ที่จะต้องตรวจสอบสมมติฐานรูปแบบหรือโมเดลที่ยังสงสัยอยู่ โดยการกระทำให้วัตถุหรือเหตุการณ์เกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วนำผลมาเปรียบเทียบ การทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 2 ตอน คือ กิจกรรมภาคออกแบบการทดลอง กับกิจกรรมภาคปฏิบัติการทดลอง

ศราวทูล อารีวรวิทย์กุล (2554, หน้า 68) กล่าวว่า ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง คือ การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง คือ การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ
3. การบันทึกผลการทดลอง คือ การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การทดลอง หมายถึง เป็นความสามารถในการออกแบบการทดลอง กำหนดและควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์และดำเนินการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะต้องมีปัญหาก่อน จากปัญหาจะทำให้เราแยกตัวแปรประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้าง แล้วจึงเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องนี้มาตั้งสมมติฐาน ต่อมาจึงออกแบบการทดลอง เพื่อควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม แล้วจึงดำเนินการต่อไป

สรุปได้ว่า ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการจัดกระบวนการปฏิบัติการทดลอง เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือเพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัยในสิ่งที่อยากหาคำตอบ การทดลองเป็นการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายๆ อย่างมาใช้ในการหาคำตอบ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนออกแบบการทดลอง ขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง และขั้นตอนที่ผลการทดลอง

4.2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการสังเกตไว้หลายท่าน ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534, หน้า 58-59) ให้ความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปว่า ทักษะการตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น ทักษะการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ศารทูล อารีวรวิทย์กุล (2554, หน้า 69) กล่าวว่า ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1970) กล่าวว่า การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ การแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (การตีความหมายข้อมูลที่ต้องอาศัยทักษะการคำนวณ) รวมถึงบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

สรุปได้ว่า ทักษะการตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ อาจจะต้องใช้ทักษะอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการ และเกี่ยวข้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง ข้อมูลส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพ เป็นต้น

5. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 29-30) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของบุคคลว่า เรียนรู้แล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถในด้านใด มากน้อยเพียงใด เช่นมีพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมิน ค่ามากน้อยอยู่ระดับใด นั่นคือ การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนในด้าน พุทธิพิสัย นั่นเอง

ธัญญารัตน์ วานานวงศ์ (2550, หน้า 34) ได้อธิบายว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การตรวจสอบความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการอบรมสั่งสอนจากครู โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) ซึ่งหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ความสามารถ ทักษะเกี่ยวกับด้านวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาในอดีตว่ารับรู้ได้มากเพียงใด

จากความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดความรู้ ทักษะ หรือวัดความสามารถของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาของรายวิชาต่างๆที่กำหนดไว้ในหลักสูตร โดยมากจะใช้วัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของรายวิชาต่างๆ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบวัดความรู้เชิงวิชาการ มักใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นการวัดความรู้ ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือในสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2549, หน้า 28) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2549, หน้า 23-24) คือ

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมากกว่าที่จะสร้างขึ้นโดยบุคคลใดบุคคลหนึ่งเพียงบุคคลเดียวเท่านั้น ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีบทบาทในการกำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่ต้องการทดสอบให้เหมาะสม แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มาตรฐานไม่จำเป็นต้องครอบคลุมเนื้อหาและทักษะที่มีในหลักสูตร เนื้อหาโดยทั่วไปจะเป็นความรู้และทักษะในระดับกว้างๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับนักเรียนในโรงเรียนต่างๆ ได้ สำหรับขั้นตอนในการสร้างจะต้องมีการวางแผนการสร้างอย่างมีระบบ ความเป็นปรนัย (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบมาตรฐานการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์มาตรฐานมีความมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนแต่ละคน หรือเปรียบเทียบระหว่างชั้นเรียนต่างๆ หรือระหว่างระบบของโรงเรียนต่างๆ กับกลุ่มประชากรที่กว้างขึ้น ได้แก่ California Achievement Test, Iowa Test of Basic Skills, Stanford Achievement Test และ the Metropolitan Achievement tests เป็นต้น

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนโดยเฉพาะ คือใช้สำหรับวัดความก้าวหน้าเกี่ยวกับผล การเรียนของนักเรียนและค้นหาข้อบกพร่องของระบบการเรียนการสอน และที่สำคัญคือ ใช้ในการ ตัดสินเป้าหมายของหลักสูตรในแต่ละหน่วยการเรียนการสอนว่า ได้บรรลุผลตามที่คาดหวังไว้ หรือไม่ เพียงใด รวมทั้งการให้คะแนนหรือระดับผลการเรียนแก่นักเรียนด้วย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective tests) เป็นแบบทดสอบที่มีคำตอบไว้ให้แล้ว ผู้สอบต้องตัดสินใจเลือกข้อที่ต้องการหรือพิจารณาข้อความที่ให้อ้างหรือผิด ได้แก่

2.1.1 แบบถูก-ผิด (True-false)

2.1.2 แบบจับคู่ (Matching)

2.1.3 แบบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion) หรือแบบคำตอบสั้น (Short answer)

2.1.4 แบบเลือกตอบ (Multiple choice)

2.2 แบบอัตนัย (Essay tests) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดปัญหาหรือคำถามให้ และให้ผู้ตอบแสวงหาความรู้ ความเข้าใจ และความคิดตามโจทย์กำหนดภายในระยะเวลา ที่กำหนด การใช้ภาษาในการเขียนตอบขึ้นอยู่กับตัวผู้สอบ ได้แก่

2.2.1 แบบจำกัดคำตอบ (Restricted response items)

2.2.2 แบบไม่จำกัดคำตอบ หรือ ตอบอย่างเสรี (Extended response items)

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้รับเนื้อหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดผล 2 ลักษณะ คือ วัดทั้งพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเพื่อความ สะดวกในการประเมินผล ผู้วิจัยได้นำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ที่รวมทั้งพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำหรับเป็นเกณฑ์วัดผลว่านักเรียนได้เรียนรู้ ไปมากน้อยเพียงใดทั้งหมด 7 พฤติกรรม โดยพิจารณาให้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ตามตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

1. ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม
2. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน
3. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้นๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร
4. การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แตกต่างไปจากของเดิม
5. การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้
6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ทักษะ คือ การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการตีความหมายและลงข้อสรุป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

วาริรัตน์ แก้วอุไร (2541) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการสอนสำหรับวิธีสอนทั่วไปแบบเน้นกรณีตัวอย่าง เพื่อส่งเสริมความสามารถของนักศึกษาครูด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบได้ในศาสตร์ทางการสอน งานวิจัยเรื่องนี้ใช้คำว่า "การคิดวิเคราะห์แบบตอบได้" ในความหมายของคำว่า "reflective thinking" มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักศึกษาครูด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบได้ในศาสตร์ทางการสอนในกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการระดับความสามารถของนักศึกษาครูด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบได้ในศาสตร์การสอนของนักศึกษาครูกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาครูกลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนแบบปกติ และเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอน และระดับความสามารถพื้นฐานด้านวิชาชีพครูของนักศึกษาครูที่มีต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบได้

ในศาสตร์ทางการสอน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาครูในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ในศาสตร์ทางการสอนสูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ในศาสตร์ทางการสอนในระหว่างเรียนไม่ต่ำกว่าระดับที่ 2 คือ ความสามารถในการให้เหตุผลและพิสูจน์สมมติฐาน ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ในศาสตร์ทางการสอนหลังเรียนของนักศึกษาครูกลุ่มทดลองร้อยละ 87.88 มีความสามารถอยู่ในระดับที่ 2 และร้อยละ 12.12 อยู่ในระดับที่ 3 คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุผลในแนวปฏิบัติ นักศึกษาครูกลุ่มทดลองสามารถเลื่อนระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ในศาสตร์ทางการสอนหลังเรียนได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม รูปแบบการสอนไม่มีปฏิสัมพันธ์กับความสามารถพื้นฐานด้านวิชาชีพครู แต่มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แบบตอบโต้ในศาสตร์ทางการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิรพรรณ จิตประสาธ (2545) ทำการศึกษาการใช้ผังความคิดและการบริหารสมองในการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผังความคิดและการบริหารสมอง กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต รวมทั้งสิ้น 60 คาบ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตและแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผังความคิดและการบริหารสมองสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผังความคิดและการบริหารสมองพบว่า ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกในด้านปฏิสัมพันธ์ในการทำงานดี มีความเข้าใจและรู้จักแก้ปัญหาในการเรียน มีความกระตือรือร้น สนใจ มั่นใจในการเรียน และมีการพัฒนาการเรียนในการเขียนผังความคิดดีขึ้น

อมรรัตน์ บุบผโชติ (2546) ได้วิจัยผลการใช้บันทึกการเรียนรู้อในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2546 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจำนวน 33 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. การรับรู้ความสามารถของตนเองมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หลังการเรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .62
2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้มีค่าเฉลี่ยคะแนนการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนโดยไม่ใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้มีค่าเฉลี่ยคะแนนการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้บันทึกการเรียนรู้อุ้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปราณี อ่อนศรี (2552) ได้วิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐานกับนักเรียนพยาบาลวิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก ชั้นปีที่ 3 ที่ศึกษารายวิชาการวิจัยทางการพยาบาล 1 จำนวน 98 คน ใช้เวลาในการทดลอง 16 ชั่วโมง ผลการวิจัย พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐาน (ACTOR Model) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นวิธีเพื่อการผ่อนคลาย (Approach to relaxation) ขั้นการใช้ผังมโนทัศน์ (Concept mapping) ขั้นถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of learning) ขั้นการบริหารสมอง (Operation to Brain-Gym) และขั้นการคิดไตร่ตรอง (Reflection) และประสิทธิผลของรูปแบบพบว่า นักเรียนพยาบาลมีคะแนนความรู้ในวิชาการวิจัยทางการพยาบาล 1 ก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาคะแนนจุดตัด (cut-off score) ตามวิธีของเบอร์ก พบว่า คะแนนความรู้เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนพยาบาลมีคะแนนเจตคติต่อวิชาการวิจัยทางการพยาบาล 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

2. งานวิจัยต่างประเทศ

สแปกกิน และโรยซ์เซย์ (Spaggins and Rowsey, 1998) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามแนวคิดสมองเป็นฐาน ผลการใช้สถานการณ์จำลองและแบบฝึกในวิชาชีววิทยา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่มีความสามารถต่างกัน จากผลการวิจัย พบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถสูงทั้งกลุ่มที่เรียนโดยใช้โปรแกรมและที่เรียนโดยใช้แบบฝึกไม่แตกต่างกัน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กลุ่มที่มีความสามารถต่ำทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน
3. นักเรียนหญิงที่มีความสามารถต่ำกว่าของกลุ่มที่ใช้เกม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าใช้แบบฝึก
4. นักเรียนชายที่มีความสามารถต่ำ ของกลุ่มที่เรียนโดยใช้แบบฝึก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้เกมสถานการณ์จำลอง

ฟรีแมน (Freeman, 2000) ได้วิจัยศึกษาการบริหารสมองที่มีผลต่อความสามารถในการอ่านนักเรียนเกรด 3, 4 และ 5 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ทำการบริหารสมองมีคะแนนดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการบริหารสมอง ผลการทดสอบนักเรียนสองกลุ่มพบว่าคะแนนแตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงเป็นที่ยอมรับของครูและมีการนำมาปฏิบัติ ดังนี้

1. ปฏิบัติการบริหารสมองเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนเรียนทุกๆ วันจันทร์ตลอดทั้งปีการศึกษา
2. ปฏิบัติเล็กน้อยวันละ 15 นาทีต่อวันในห้องเรียน
3. นักเรียนมีเวลาประมาณ 30 นาที หรือกลุ่มเล็กๆ ให้นักเรียนได้พบกับผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารสมองอย่างเป็นกันเอง ภาคเรียนละ 1 ครั้ง

เวส (West, 2001) ได้วิจัยเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดไตร่ตรองของนักศึกษาวิทยาศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาการคิดไตร่ตรองและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษา ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบของการคิดไตร่ตรองซึ่งพัฒนาตามลำดับขั้น โดยเสนอแนะว่าหลักสูตรระดับวิทยาลัยสามารถพัฒนาการคิดไตร่ตรองของนักศึกษาได้ และได้สร้างแบบทดลองทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการตีความและการนิรนัย ผลการศึกษาพบว่าทักษะการตีความและการนิรนัยมีความสำคัญในการพัฒนาการคิดไตร่ตรอง การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) เพื่อสำรวจการคิดไตร่ตรองและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาวิทยาศาสตร์ 2 รายวิชา โดยมีรายวิชาหนึ่งใช้หลักสูตรที่ส่งเสริมการคิดไตร่ตรอง นักศึกษาทั้งสองรายวิชามีระดับสติปัญญาเท่าเทียมกัน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทั้งในตอนเริ่มเรียนและในตอนสิ้นสุดการเรียน ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนการคิดไตร่ตรองเพิ่มขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังไม่เปลี่ยนแปลง นักศึกษาที่เรียนรายวิชาที่ใช้หลักสูตรที่ส่งเสริม

การคิดไตร่ตรองสามารถพัฒนาการคิดไตร่ตรองได้ในระดับสูง ส่วนอีกรายวิชาหนึ่ง นักศึกษามีแนวโน้มที่จะพัฒนาการคิดไตร่ตรองในระดับที่สูงขึ้น ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการคิดไตร่ตรองและการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระดับคะแนนของนักศึกษา ผู้วิจัยสรุปว่าควรมีการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับวิทยาลัย โดยเน้นการคิดไตร่ตรอง และเสนอแนะว่าควรศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ที่ส่งเสริมการคิดไตร่ตรอง พิจารณาความสัมพันธ์ของการคิดไตร่ตรองและการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งทางด้านทฤษฎีและการนำไปใช้ในการศึกษา และควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดไตร่ตรองและการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้ชัดเจน