

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดราชาธิวาส กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัย ได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด
 - 1.1 ความหมายการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด
 - 1.2 หลักการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด
 - 1.3 ขั้นตอนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด
 - 1.4 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 1.5 กระบวนการคิดที่ใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด
 - 1.6 ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 1.7 การประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 1.8 ความสำคัญและประโยชน์ของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.2 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.3 การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.4 การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 4.2 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

- 4.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด

การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด เป็นการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่ง ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เจตคติทาง วิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จึงต้องศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1.1 ความหมายของการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด

การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีผู้สนใจศึกษา และอธิบายความหมายเกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531, น. 1) ได้กล่าวถึง การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครู หรือ ผู้ทรงคุณวุฒิตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษาค้นคว้า ดำเนินการ วางแผน ออกแบบ ประดิษฐ์ สำนวณ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการแปลผล สรุปผล และการนำเสนอผลงาน

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้กล่าวถึง กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรม สำหรับนักเรียนในการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้คำแนะนำปรึกษาของครูหรือผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมนี้อาจทำเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ และจะกระทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ โดยไม่จำกัดสถานที่ เช่น นอกห้องเรียน ในห้องปฏิบัติการหรือนอกโรงเรียน แม้กระทั่งที่บ้านของนักเรียนก็ได้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542: 309) ได้กล่าวถึงโครงงานวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการสอนที่ เน้นการสอนรายบุคคล นักเรียนอาจทำโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้เวลาส่วนหนึ่งในเวลาเรียน ครู วิทยาศาสตร์ควรเป็นผู้วางแผนที่จะให้นักเรียนทำโครงงาน ครูต้องเป็นผู้ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และเป็นทีปรึกษาโครงงานให้แก่ นักเรียน แต่ในการเลือกหัวข้อโครงงานนั้น นักเรียนควรเป็นผู้คิด ว่าต้องการทำโครงงานอะไร ต้องการสร้างอะไร ต้องการสำรวจอะไร หรือต้องการทดลอง เรื่องอะไร

กรมวิชาการ (2544) ได้กล่าวถึงการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นกิจกรรม ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด

และความสนใจโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นให้คำปรึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกหัวข้อ ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน และการนำเสนอผลงาน

ชาตรี เกิดธรรม (2547) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานว่า เป็น การจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ได้ปฏิบัติจริงในลักษณะการศึกษาสำรวจ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์โดยมีครูเป็นผู้แนะนำอย่างใกล้ชิด

เนลล์ เค ดยุก (2014) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบ โครงงานว่า เป็นกระบวนการทำงานของนักเรียนที่นอกเหนือจากการเรียนในห้องเรียน ตามความสนใจของตนและกลุ่มเพื่อนำมาแก้ปัญหา หรือหาคำตอบได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้อาจใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีมาช่วยในการทำงานของนักเรียน

จากความหมายที่เกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวไว้ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ครูหรือผู้เชี่ยวชาญ ส่งเสริมให้นักเรียนหรือผู้ศึกษาใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ศึกษา ค้นคว้า เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ตนเองเกิดปัญหา หรือข้อสงสัย ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือข้อสงสัยเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยนักเรียนหรือผู้ศึกษาจะเป็นผู้เลือกปัญหา วางแผน และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จนเสร็จสมบูรณ์ และนำเสนอผลงานจากการศึกษาค้นคว้า ครูหรือผู้เชี่ยวชาญเป็นเพียงผู้ดูแลและให้คำปรึกษาเท่านั้น

สำหรับการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด ยังไม่เคยมีงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ แต่ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากหมายของการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ และข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการคิดนักวิจัยหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์เสริมกระบวนการคิด หมายถึง กระบวนการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา มาใช้ในขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้ตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 หลักการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด

การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ ชีระชัย ปุณณโชติ (2531, น. 1) ได้กล่าวถึงหลักการในการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. เน้นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่ม วางแผน และดำเนินการศึกษาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะและให้คำปรึกษา

2. เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งแต่กำหนดปัญหา หรือเลือกหัวข้อที่สนใจ การวางแผนการศึกษาค้นคว้า การรวบรวมข้อมูลหรือการทดลอง และการสรุปผลการศึกษาค้นคว้า

3. เน้นการคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. การทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ มุ่งฝึกให้นักเรียนรู้วิธีการศึกษาค้นคว้า และแก้ปัญหาด้วยตนเอง มิได้เน้นการส่งเข้าประกวดเพื่อรับรางวัล

กรมวิชาการ (2544) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนอย่างเต็มที่ โดยผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้และทักษะได้อย่างหลากหลาย ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3. สนับสนุนให้ผู้เรียนเป็นนักค้นคว้า และใฝ่เรียนรู้

พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข (2551) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งมีความสำคัญดังนี้

1. พัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา สมองซีกซ้ายเน้นจดจำ วิเคราะห์ แยกแยะ ซึ่งเป็นการพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษา เป็นต้น ส่วนสมองซีกขวาเน้นองค์รวม สังเคราะห์ สุนทรียภาพ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิชาด้านภาษา ศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ กีฬา เป็นต้น

2. พัฒนาผู้เรียนเชิงรุก คือ เน้นผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ความถนัดตามศักยภาพของตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น

3. พัฒนาสมรรถนะทางการคิด ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีวิธีการเรียนรู้เป็นนักวิจัย และเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต

4. พัฒนาหลักฐานที่แสดงความเข้าใจอย่างคงทน เนื่องจากการทำโครงงานเป็นการสร้างชิ้นงานหรือผลผลิต ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงความเข้าใจอย่างคงทน เป็นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง สามารถนำความรู้ไปใช้ และประยุกต์ใช้ได้

สรุปได้ว่า หลักการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด เป็นการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้สมองในการคิด แยกแยะ แก้ปัญหา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และแสวงหาความรู้ตามขั้นตอนการทำโครงงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะทางการคิดออกมาเป็นชิ้นงานหรือผลผลิตที่เกิดจากการเข้าใจที่ลึกซึ้งของตนเองได้

1.3 ขั้นตอนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด

ในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด มีขั้นตอนการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

กรมวิชาการ (2544) กล่าวถึงขั้นตอนการสอนโครงงาน ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอน คือ การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องและมีการดำเนินงานหลายขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นสุดท้ายดังนี้

1. การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการคิดหัวข้อเรื่องของโครงงาน ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดและเลือกด้วยตัวเอง โดยทั่วไปหัวข้อเรื่องของโครงงานมักจะได้จากปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ของนักเรียนเอง หัวข้อเรื่องของโครงงานควรเฉพาะเจาะจงและบ่งชี้ว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด และควรเป็นเรื่องแปลกใหม่หรือมีแนวทางการศึกษาทดลองที่แปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ด้วย นอกจากนี้ หากคำนึงถึงเรื่องที่เป็นประโยชน์ด้วยก็จะทำให้โครงงานนั้นมีคุณค่ายิ่งขึ้น

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การศึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิและการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หลังจากทีนักเรียนได้หัวข้อกว้าง ๆ ที่สนใจจะศึกษาค้นคว้าแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่อาจารย์ที่ปรึกษาควรแนะนำ คือ แหล่งที่นักเรียนจะสามารถศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องนี้จะช่วยให้เห็นนักเรียนได้แนวความคิดที่จะกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะค้นคว้าให้เฉพาะเจาะจงมากขึ้น และได้ความรู้ในเรื่องที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น จนสามารถออกแบบและวางแผนดำเนินการทำโครงงานนั้นได้อย่างเหมาะสม

3. การจัดทำเค้าโครงของโครงงาน การเขียนเค้าโครงของโครงงาน โดยทั่วไปจะเขียนขึ้นเพื่อแสดงแนวความคิด แผนงาน และขั้นตอนของการทำโครงงานนั้น ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ชื่อโครงงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัดชัดเจน สื่อความหมายตรงและมีความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร

3.2 ชื่อผู้ทำโครงงาน

3.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน

3.4 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน เป็นการอธิบาย เหตุใดจึงเลือกทำโครงงานนี้ โครงงานนี้มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรเกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่อง

ใหม่หรือมีผู้อื่นได้เคยศึกษาค้นคว้าไว้แล้ว ถ้ามีได้ผลอย่างไรบ้าง เรื่องที่สามารถขยายผลเพิ่มเติมจากผู้อื่นอย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผลของผู้อื่นทำไว้

3.5 จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า ควรมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

3.6 สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) เป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้าซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุผล คือ มีทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์รองรับและที่สำคัญ คือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวโน้มในการดำเนินการทดลองหรือสามารถทดสอบได้

3.7 วิธีดำเนินงาน เป็นการอธิบายเกี่ยวกับ วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ โดยระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ว่ามีอะไรบ้าง ได้อุปกรณ์มาอย่างไรบ้าง และอธิบายเกี่ยวกับแนวทางการศึกษาค้นคว้าว่าจะออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร หรือจะสร้างหรือประดิษฐ์อะไร อย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง เก็บอย่างไรและเก็บเมื่อใด

3.8 แผนปฏิบัติงาน เป็นการอธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จสิ้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

3.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

3.10 เอกสารอ้างอิง

4. การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นลงมือปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในเค้าโครงของโครงการที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งควรคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

4.1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมก่อนลงมือทดลอง

4.2 มีสมุดสำหรับบันทึกกิจกรรมประจำวันว่าได้อะไรไปบ้าง ได้ผลอย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร

4.3 ปฏิบัติการทดลองด้วยความละเอียดรอบคอบ และบันทึกข้อมูลไว้ให้เป็นระเบียบและครบถ้วน

4.4 คำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยในการทำงาน

4.5 พยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ในตอนแรก แต่อาจเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมบ้างหลังจากที่ได้เริ่มต้นทำงานไปแล้ว ถ้าคิดว่าจะทำให้ผลงานดีขึ้น

4.6 ควรปฏิบัติการทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้มากขึ้น

4.7 ควรแบ่งงานเป็นส่วนย่อย และทำแต่ละส่วนให้สำเร็จก่อนทำส่วนอื่นต่อไป

4.8 ควรทำงานส่วนที่เป็นหลักสำคัญๆ ให้เสร็จก่อนแล้ว จึงทำส่วนที่เป็นส่วนประกอบหรือส่วนเสริมเพื่อตกแต่งโครงการงาน

4.9 อย่าทำงานต่อเนื่องจนเมื่อยล้า จะทำให้ขาดความระมัดระวัง

4.10 ถ้าเป็นโครงการประเภทสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทน แข็งแรง และขนาดที่เหมาะสมของสิ่งประดิษฐ์นั้น

5. การเขียนรายงาน การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการงานวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสื่อความหมายที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง เพื่อให้คนอื่นๆ ได้เข้าใจถึงแนวความคิด วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุป ข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับโครงการงานนั้น การเขียนรายงานโครงการควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน ตรงไปตรงมาโดยให้ครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ได้แก่ ชื่อโครงการ ผู้จัดทำโครงการ ชื่อที่ปรึกษา บทคัดย่อ ที่มาและความสำคัญของโครงการ จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า วิธีดำเนินการ ผลการศึกษาค้นคว้า สรุปและข้อเสนอแนะ คำขอบคุณ และเอกสารอ้างอิง

6. การแสดงผลงาน เป็นขั้นตอนสำคัญและเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการแสดงผลผลิตของงาน ความคิด และความพยายามทั้งหมดที่ผู้จัดทำโครงการได้ทุ่มเทลงไป และเป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงานนั้นๆ มีผู้กล่าวไว้ว่า การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญเท่าๆ กับการทำโครงการงาน ผลงานที่สร้างขึ้นจะดียอดเยี่ยมเพียงใดแต่ถ้าการจัดแสดงผลงานทำได้ไม่ดี ก็เท่ากับไม่ได้แสดงความคิดยอดเยี่ยมของผลงานนั้นนั่นเอง การแสดงผลงานอาจทำได้ในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น การแสดงในรูปแบบนิทรรศการ ซึ่งมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูด หรือรูปแบบของการจัดแสดงโดยไม่มีคำอธิบายประกอบ หรือในรูปแบบของการรายงานปากเปล่า ไม่ว่าจะจัดแสดงในรูปแบบใดก็ควรจะให้ครอบคลุมประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

6.1 ชื่อโครงการ ชื่อผู้จัดทำโครงการ ชื่อที่ปรึกษา

6.2 คำอธิบายย่อๆ เกี่ยวกับแรงจูงใจและความสำคัญในการทำโครงการ

6.3 วิธีการดำเนินการ โดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่สำคัญ

6.4 การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลอง ผลการสังเกตและข้อมูลเด่นๆ ที่ได้จากการทำโครงการงาน

ชาตรี เกิดธรรม (2542, น. 83) ซึ่งกล่าวถึงขั้นตอนการสอนแบบโครงการไว้ดังนี้

1. ขึ้นกำหนดความมุ่งหมาย เป็นขึ้นกำหนดความมุ่งหมายและลักษณะของโครงการ โดยตัวนักเรียนเอง ครูเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนตั้งความมุ่งหมายของการเรียนว่าเรียนเพื่ออะไร

2. **ขั้นวางแผนหรือวางโครงการ** เป็นขั้นตอนที่มีคุณค่าต่อนักเรียนเป็นอย่างมาก คือ นักเรียนจะช่วยกันวางแผนว่าจะทำอะไร เพื่อที่จะให้การทำโครงการบรรลุจุดมุ่งหมาย เป็นการเลือกวิธีการและกิจกรรมที่เหมาะสม

3. **ขั้นดำเนินการ** เป็นขั้นลงมือทำกิจกรรมหรือลงมือแก้ปัญหา นักเรียนเริ่มงานตามแผนโดยทำกิจกรรมตามที่ตกลงไว้แล้ว ครูคอยส่งเสริมให้นักเรียนได้กระทำตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ให้นักเรียนคิดและตัดสินใจด้วยตัวเองให้มากที่สุดและควรชี้แนะให้นักเรียนรู้จักวัดผลการทำงานเป็นระยะ ๆ เพื่อให้การทำกิจกรรมลุล่วงไปได้ด้วยดี

4. **ขั้นประเมินผล** หรือเรียกว่า **ขั้นสอบสวนพิจารณา**นักเรียน โดยการประเมินผลว่าโครงการที่ทำนั้นบรรลุผลตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรแก้ไขให้ดีขึ้นอย่างไร

นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์และประจวบจิตร คำจตุรัส (2557, น. 64-65) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสอนโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ 11 ขั้นตอน มีดังนี้

1. **ศึกษาความหมายและประเภทของโครงการ** คือ ขั้นตอนให้ผู้สอนให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายและประเภทของโครงการ พร้อมนำเสนอตัวอย่างโครงการวิทยาศาสตร์

2. **สำรวจเรื่องที่จะทำโครงการ** คือ ขั้นตอนให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดชื่อเรื่องโครงการวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนให้แนวคิดในการสำรวจหัวข้อเรื่องในขอบเขตที่เป็นเรื่องทางวิทยาศาสตร์ หรือให้ศึกษาจากตัวอย่างโครงการวิทยาศาสตร์หรือศึกษาจากบทคัดย่อของโครงการประเภทต่าง

3. **วิเคราะห์โครงการ** คือ ขั้นตอนให้ผู้สอนฝึกให้ผู้เรียนวิเคราะห์ส่วนประกอบและความสัมพันธ์เชื่อมโยงภายในโครงการ โดยฝึกวิเคราะห์จากตัวอย่างโครงการ

4. **ระบุปัญหาหรือเรื่องที่จะทำโครงการ** คือ ขั้นตอนให้ผู้เรียนระบุเรื่องหรือปัญหาที่จะทำโครงการตามความสนใจ โดยผู้สอนให้ความรู้หลักการเลือกหัวข้อโครงการหรือให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

5. **ศึกษาเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับโครงการ** คือ ขั้นตอนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องทำโครงการแล้วเขียนรายงานเอกสารอ้างอิงให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

6. **ออกแบบการทดลองหรือวางแผนการดำเนินการทำโครงการ** คือ ผู้เรียนนำเสนอแผนการทดลองหรือแผนการดำเนินการทำโครงการ โดยให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบและวางแผนร่วมกัน

7. **เขียนเค้าโครงของโครงการ** คือ ผู้เรียนเขียนเค้าโครงของโครงการ โดยผู้สอนให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนเค้าโครงพร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนให้เข้าใจ

8. ลงมือทำโครงการ คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงการปฏิบัติการตามแผนของโครงการที่วางไว้และรายงานผลการทำงานของตนเอง โดยผู้สอนจะคอยสังเกตและให้คำแนะนำเท่านั้น

9. เขียนรายงานโครงการ คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนเขียนรายงานโครงการให้สอดคล้องกับข้อมูลและเรื่องที่ทำ ถูกต้องตามหลักการเขียนรายงาน โดยผู้สอนเป็นผู้ให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการเขียนรายงาน

10. นำเสนอผลงานและจัดแสดงผลงานโครงการ คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนออกแบบการนำเสนอผลงานโครงการในรูปแบบของการจัดนิทรรศการ

11. อภิปรายผลการเรียนรู้ คือ ขั้นตอนที่ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการทำโครงการ บอกคุณค่าที่ได้จากการทำโครงการ

นวลจิตต์ เชาวศิริพิงศ์และประจวบจิตร คำจตุรัส (2557) ได้เสนอรายละเอียดของขั้นตอนสำคัญ บทบาทของผู้สอน และพฤติกรรมของผู้เรียนในแต่ละขั้นไว้ดังตารางที่ 2.1 รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนสำคัญ บทบาทของผู้สอน และพฤติกรรมของผู้เรียน
ในการจัดการเรียนการสอนแบบโครงการ

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	พฤติกรรมของนักเรียน
1. ศึกษาความหมายและประเภทของโครงการ	- ให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายและประเภทของโครงการ พร้อมนำเสนอตัวอย่างโครงการแต่ละประเภทโดยใช้พาวเวอร์พอยด์นำเสนอ	- บอก/อธิบายความหมายและลักษณะเฉพาะของโครงการแต่ละประเภท - แสดงการแยกแยะโครงการแต่ละประเภทได้
2. ดำรงเรื่องที่จะทำโครงการ	- ผู้สอนให้ผู้เรียนสำรวจหัวข้อเรื่องโครงการจากปัญหาใกล้ตัว - ให้ตั้งชื่อเรื่องโครงการให้สอดคล้องกัน - ให้ผู้เรียนนำเสนอชื่อโครงการ	- วิเคราะห์ปัญหาใกล้ตัวและเขียนลงในใบงาน - ตั้งชื่อโครงการให้สอดคล้องกับปัญหาที่ - นำเสนอผลการวิเคราะห์ปัญหาและนำเสนอชื่อโครงการที่สอดคล้องกับปัญหา

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	พฤติกรรมของนักเรียน
	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนช่วยให้ผู้เรียนสรุปแนวคิดในการเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์ - ให้ผู้เรียนศึกษาบทคัดย่อของโครงงานประเภทต่างๆ 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนช่วยกันสรุปแนวคิดในการเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์ - บอกข้อมูลที่ได้จากการศึกษาบทคัดย่อโครงงาน
3. วิเคราะห์โครงงาน	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มศึกษาตัวอย่างโครงงาน - ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ตัวอย่างโครงงานตามแบบวิเคราะห์โครงงานที่ครูให้ - ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโครงงาน - ให้ผู้เรียนวิเคราะห์โครงงานประเภทต่างๆเพิ่มเติม 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มช่วยกันศึกษาตัวอย่างโครงงาน - ผู้เรียนบอกรายการส่วนประกอบและความสัมพันธ์เชื่อมโยงภายในโครงงานตามรูปแบบวิเคราะห์โครงงาน - ตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโครงงาน
4. ระบุปัญหาหรือเรื่องที่จะทำโครงงาน	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาเรื่องที่นักเรียนสนใจ - ให้ผู้เรียนช่วยกันตั้งปัญหาเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจ - ให้ผู้เรียนช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาให้สอดคล้องกับโครงงานประเภทต่างๆ - ให้นักเรียนนำเสนอปัญหา/เรื่องที่จะทำโครงงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจของตนเอง - สมาชิกในกลุ่มช่วยกันระบุปัญหาเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำโครงงานตามความสนใจ - สมาชิกช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาให้สอดคล้องกับโครงงานประเภทต่างๆ - สมาชิกในกลุ่มช่วยกันเลือกปัญหา และชื่อเรื่องที่เหมาะสมที่จะทำโครงงาน - ตัวแทนกลุ่มนำเสนอปัญหาและชื่อเรื่อง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	พฤติกรรมของนักเรียน
5. ศึกษาเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่นๆเกี่ยวกับโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มศึกษาตัวอย่างโครงการ - ให้นักเรียนนำเสนอปัญหา/เรื่องที่จะทำโครงการ 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนแบ่งกลุ่มศึกษาการเขียนเอกสารอ้างอิงในตัวอย่างโครงการ - ผู้เรียนช่วยกันวิเคราะห์เนื้อหาในเอกสารอ้างอิงว่ามีการเขียนอย่างไรและสัมพันธ์กับชื่อเรื่องอย่างไร - ผู้เรียนสรุปเกี่ยวกับหลักการเขียนเอกสารที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง - ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำโครงการและการเขียนเอกสารอ้างอิงให้ถูกต้อง - นำเสนอข้อมูล
6. ออกแบบการทดลองหรือวางแผนการดำเนินการทำโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนกำหนดขอบเขตและระยะเวลาในการทำโครงการให้ผู้เรียนทราบ - ให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบการทดลอง และวางแผนการทำโครงการ 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนวางแผนการดำเนินโครงการตามระยะเวลาที่กำหนด - นำเสนอแผนการดำเนินงาน
7. เขียนเค้าโครงของโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนเค้าโครงของโครงการโดยการนำเสนอหัวข้อในการเขียนเค้าโครงของโครงการ - อธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการเขียนเค้าโครงของโครงการโดยใช้โครงงานที่นักเรียนศึกษาประกอบการอธิบาย 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนรู้หัวข้อในการเขียนเค้าโครงของโครงการได้ - ผู้เรียนช่วยกันอภิปรายและทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนของการเขียนเค้าโครงของโครงการ - ผู้เรียนช่วยกันเขียนเค้าโครงของโครงการที่ตนเองทำได้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	พฤติกรรมของนักเรียน
	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนอภิปรายและทำความเข้าใจในแต่ขั้นตอน - ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการเขียนเค้าโครงของโครงการ 	
8. ลงมือทำโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนลงมือทำโครงการตามแผนที่เสนอไว้และให้ผู้เรียนบันทึกผลการทำงานของตนเอง - รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการทำงานของผู้เรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงการปฏิบัติการตามแผนของโครงการที่เสนอไว้
9. เขียนรายงานโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มศึกษาตัวอย่างการเขียนรายงานโครงการ - ให้ผู้เรียนวิเคราะห์เนื้อหาในรายงานว่ามีก๊ิบท อะไรบ้าง และแต่บทสัมพันธ์กันอย่างไร - ผู้สอนช่วยให้ผู้เรียนสรุปเกี่ยวกับหลักการเขียนรายงานโครงการที่ถูกต้อง - ให้ผู้เรียนเขียนรายงานโครงการให้สอดคล้องกับข้อมูลและเรื่องที่ทำ 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนแบ่งกลุ่มศึกษาตัวอย่างการเขียนรายงานโครงการ - ผู้เรียนช่วยกันวิเคราะห์เนื้อหาในรายงานว่ามีก๊ิบท อะไรบ้าง และแต่บทสัมพันธ์กันอย่างไร - ผู้เรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับหลักการเขียนรายงานโครงการที่ถูกต้อง - ผู้เรียนเขียนรายงานโครงการได้สอดคล้องกับข้อมูลและเรื่องที่ทำ
10. นำเสนอผลงานและจัดแสดงผลงานโครงการ	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนศึกษารูปแบบการนำเสนอโครงการจากเอกสารที่ผู้สอนให้ - ผู้สอนช่วยผู้เรียนในการสรุปเกี่ยวกับการนำเสนอโครงการว่ามีรูปแบบอย่างไรและมีส่วนประกอบใดบ้างที่ต้องนำเสนอ 	<ul style="list-style-type: none"> - ศึกษารูปแบบการนำเสนอโครงการจากเอกสารที่ผู้สอนแจก - ผู้เรียนสรุปเกี่ยวกับการนำเสนอ - ผู้เรียนสรุปเกี่ยวกับการนำเสนอโครงการว่ามีรูปแบบอย่างไรและมีส่วนประกอบใดบ้างที่ต้องนำเสนอ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	พฤติกรรมของนักเรียน
	- ให้ผู้เรียนออกแบบการจัด แสดงผลงานโครงการ โดย กำหนดการวางหัวข้อต่างๆ รวมทั้ง ข้อความที่ใช้ในการนำเสนอผลงาน	- ผู้เรียนออกแบบการจัดแสดง นิทรรศการแสดงผลงานของ โครงการ - นำเสนอโครงการได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม
11. อภิปรายผลการ เรียนรู้	- ให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้และ ประโยชน์จากการทำโครงการ - ให้ผู้เรียนบอกความรู้สึกของ ตนเองเกี่ยวกับคุณค่าของการทำ โครงการ	- สรุปความรู้ที่ได้จากการทำ โครงการได้ตรงประเด็น - บอกคุณค่าที่ได้จากการทำ โครงการ

จากขั้นตอนการสอนโครงการวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิดดังที่กล่าว
ข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. ขั้นการเตรียมการและกำหนดความมุ่งหมาย เป็นการกำหนดความมุ่งหมายและ
เตรียมความพร้อมของนักเรียนในการที่จะศึกษาเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง ซึ่ง
นักเรียนจะต้องเข้าใจวิธีการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องตรวจสอบความรู้ ทักษะ
ความสามารถพื้นฐานในการทำโครงการ รวมถึงการแนะนำสื่อและแหล่งเรียนรู้ในการศึกษาค้นคว้า
เพื่อนำไปสู่การตั้งประเด็นปัญหาได้

2. ขั้นวางแผนหรือวางแผนโครงการ เป็นขั้นตอนที่มีนักเรียนจะช่วยกันวางแผนว่าจะ
ทำอย่างไร เพื่อที่จะให้การทำโครงการบรรลุจุดมุ่งหมาย เป็นการเลือกวิธีการและกิจกรรมที่
เหมาะสม

3. ขั้นดำเนินการ เป็นขั้นลงมือทำกิจกรรมหรือลงมือแก้ปัญหา นักเรียนเริ่มงาน
ตามแผนโดยทำกิจกรรมตามที่ตกลงไว้แล้ว ครูคอยส่งเสริมให้นักเรียนได้กระทำตามความมุ่งหมาย
ที่กำหนดไว้ให้นักเรียนคิดและตัดสินใจด้วยตัวเองให้มากที่สุดและควรชี้แนะให้นักเรียนรู้จักวัดผล
การทำงานเป็นระยะ ๆ เพื่อให้การทำกิจกรรมลุล่วงไปได้ด้วยดี

4. ขึ้นประเมินผล หรือเรียกว่า ขึ้นสอบสวนพิจารณานักเรียน โดยการประเมินผลว่าโครงการที่ทำนั้นบรรลุผลตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรแก้ไขให้ดีขึ้นอย่างไร

1.4 ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์

โครงการวิทยาศาสตร์ ถ้าแบ่งตามวิธีการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา หรือแบ่งตามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (ธีระชัย ปุณณโชติ, 2531, น. 7-29) ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531, น. 7-17) และมาณะ ทิพย์ศิริ (2543, น. 7-8) ได้แบ่งโครงการวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทสำรวจรวบรวมข้อมูล เป็นโครงการประเภทที่ตอบปัญหาหรือข้อสงสัย โดยการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล ไม่จำเป็นต้องกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะทำงานโดยใช้ทักษะการสำรวจ ทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้เห็นความสำคัญของเรื่องหรือปัญหาที่นักเรียนสงสัย ซึ่งในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นสามารถทำได้หลายแบบ เช่น การออกเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยเก็บภาพถ่าย หรือบันทึกข้อมูล หรือการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการอีกครั้งหนึ่งก็ได้ โครงการประเภทสำรวจรวบรวมข้อมูลนี้ เป็นโครงการที่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเพื่อตอบคำถามเพื่อรู้เท่านั้น การนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้น้อย และจุดอ่อนของโครงการประเภทนี้อยู่ตรงที่ไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง ลักษณะเด่นของโครงการนี้ คือ ต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของตัวแปรหนึ่งที่ต้องการศึกษา โดยมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการศึกษาไว้ หรืออาจกล่าวได้ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ประเภททดลองจะต้องมีการกำหนดตัวแปร ซึ่งได้แก่

2.1 ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เราต้องการศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เราต้องการวัดหรือผลการทดลอง

2.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งที่ไม่ต้องการศึกษา เป็นสิ่งที่เราต้องควบคุมไว้ให้คงที่ มิฉะนั้น จะมีผลทำให้ตัวแปรตามเคลื่อนที่ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

3. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์ เป็นการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ซึ่งอาจประดิษฐ์ใหม่หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจากของเดิมที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็ได้ โครงการนี้จะรวมถึงแบบจำลองก็ได้ เช่น เครื่องพ่นยาอัตโนมัติ เครื่องอบกล้วยเล็บมือนาง หุ่นยนต์ใช้งานในบ้าน เป็นต้น

4. โครงการงานวิทยาศาสตร์ประเภททฤษฎี หรือหลักการ หรือแนวความคิดใหม่ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสูตร สมการ หรือคำอธิบายก็ได้ โดยผู้เสนอจะต้องกำหนดข้อตกลงขึ้นมาแล้วนำเสนอ

1.5 กระบวนการคิดที่ใช้ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด

ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด นักเรียนจะต้องใช้สมองในการคิด พิจารณา แยกแยะ และกระบวนการคิดนั้น จะต้องใช้ในทุกขั้นตอนของการทำงาน เพื่อให้การทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ผ่านกระบวนการคิดให้มากที่สุด การคิดที่ใช้ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และคิดแก้ปัญหา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.5.1 การคิดวิเคราะห์

1) ความหมายของการคิดวิเคราะห์

มีนักวิชาการได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ไว้หลายท่าน ซึ่งสามารถรวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 9) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์และการคิดวิเคราะห์ว่าการวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ออกเป็นส่วน ๆ เพื่อค้นหาว่ามีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง ทำมาจากอะไร ประกอบขึ้นมาได้ อย่างไรและมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร การคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหา สภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

ชาตรี สำราญ (2548, น. 40-41) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าการคิดวิเคราะห์คือ การรู้จักพิจารณา ค้นหาใคร่ครวญ ประเมินค่าโดยใช้เหตุผลเป็นหลักในการหาความสัมพันธ์เชื่อมโยง หล่อหลอมเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์แบบอย่างสมเหตุสมผล ก่อนที่จะตัดสินใจ

จากการศึกษาความหมายของการคิดวิเคราะห์ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งที่ศึกษาออกมา เพื่อพิจารณา ค้นหา สภาพความเป็นจริง และหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบนั้นบนหลักความเป็นเหตุเป็นผลกันต่อกัน

2) ลักษณะและองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

เสงี่ยม โตรัตน์ (2546, น. 28) กล่าวถึง ลักษณะของการคิดวิเคราะห์ของการคิดวิเคราะห์ ไว้ว่า การคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบ คือ ทักษะใน

การจัดระบบข้อมูล ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และการใช้ทักษะเหล่านั้นอย่างมีปัญญาเพื่อการชี้นำพฤติกรรม ดังนั้น การคิดวิเคราะห์จึงมีลักษณะต่อไปนี้

1. การคิดวิเคราะห์จะไม่เป็นเพียงการรู้หรือการจำข้อมูลเพียงอย่างเดียว เพราะการคิดวิเคราะห์จะเป็นการแสวงหาข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้
2. การคิดวิเคราะห์ไม่เพียงแต่การมีทักษะเท่านั้น แต่การคิดวิเคราะห์จะต้องเกี่ยวกับการใช้ทักษะอย่างต่อเนื่อง
3. การคิดวิเคราะห์ไม่เพียงแต่การฝึกทักษะอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะต้องมีทักษะที่จะต้องคำนึงถึงผลที่ยอมรับได้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546, น. 15-16) กล่าวถึง ลักษณะของการคิดวิเคราะห์และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การจัดกิจกรรมต่างๆ ที่ประกอบเป็นการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันไปตามทฤษฎี การเรียนรู้ โดยทั่วไปสามารถแยกแยะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ ได้ดังนี้

1. การสังเกต จากการสังเกตข้อมูลหลายๆ สามารถสร้างเป็นข้อเท็จจริงได้
2. ข้อเท็จจริง จากการรวบรวมข้อเท็จจริง และการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงบางอย่างที่ขาดหายไป สามารถทำให้มีการตีความได้
3. การตีความ เป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของการอ้างอิง จึงทำให้เกิดการตั้งข้อดกลงเบื้องต้น
4. การตั้งข้อดกลงเบื้องต้น ทำให้สามารถมีความคิดเห็น
5. ความคิดเห็น เป็นการแสดงความคิดจะต้องมีหลักและเหตุผลเพื่อพัฒนาข้อวิเคราะห์

นอกจากนั้น เป็นกระบวนการที่อาศัยองค์ประกอบเบื้องต้นทุกอย่างร่วมกัน โดยทั่วไปนักเรียนจะไม่เห็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและข้อเท็จจริง หากนักเรียนเข้าใจถึงความแตกต่างก็จะทำให้นักเรียนเริ่มพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้

สุวิทย์ มูลคำ (2550, น. 23-24) ได้จำแนกลักษณะของการคิดวิเคราะห์ ไว้เป็น 3 ด้าน คือ

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการแยกแยะค้นหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งหรือเรื่องราวต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของพืช หรือเหตุการณ์ต่างๆ ตัวอย่างคำถาม เช่น อะไรเป็นสาเหตุสำคัญของการระบาดไข้หวัดนกในประเทศไทย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างคำถาม เช่น การพัฒนาประเทศกับการศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด ตัวอย่างคำถาม เช่น หลักการสำคัญของศาสนาพุทธ ได้แก่อะไร

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2548 : 52) กล่าวว่าองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. การตีความ ความเข้าใจ และให้เหตุผลแก่สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์เพื่อแปลความของสิ่งนั้นขึ้นกับความรู้ประสบการณ์และค่านิยม

2. การมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์

3. การช่างสังเกต สงสัย ช่างถาม ขอบเขตของคำถาม ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงวิเคราะห์จะยึดหลัก 5 W 1 H คือ ใคร (Who) อะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) ทำไม (Why) อย่างไร (How)

4. การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (คำถาม) ค้นหาคำตอบได้ว่า อะไรเป็นสาเหตุให้เรื่องนั้นเชื่อมกับสิ่งนี้ได้อย่างไร เรื่องนี้ใครเกี่ยวข้อง เมื่อเกิดเรื่องนี้ส่งผลกระทบอย่างไรมีองค์ประกอบใดบ้างที่นำไปสู่สิ่งนั้น มีวิธีการ ขั้นตอนการทำให้เกิดสิ่งนี้อย่างไร มีแนวทางแก้ไขปัญหอย่างไรบ้าง ถ้าทำเช่นนี้จะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต ลำดับเหตุการณ์นี้ดูว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรเขาทำสิ่งนี้ได้อย่างไร สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

3) แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์

เสงี่ยม โตรัตน์ (2546) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์นั้นยากกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนจดจำข้อเท็จจริง และการวัดผลทำได้ยากกว่าการวัดผลโดยใช้แบบทดสอบเลือกตอบ โดยผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะต้องมุ่งการวิเคราะห์ การเรียบเรียงความคิด การตัดสินใจคุณค่าและการนำไปใช้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องควบคู่กันไประหว่างเนื้อหาสาระและกระบวนการเรียนรู้ แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนนั้นครูจะต้องจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนให้เอื้อต่อการเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และครูควรมีความเชื่อในสิ่งเหล่านี้

1. เชื่อว่าทักษะการคิดวิเคราะห์เรียนรู้ได้ทั้งจากครู เพื่อนๆ และแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

2. เชื่อว่าแรงจูงใจเพื่อการคิดแก้ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการคิดวิเคราะห์

3. ในการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ควรสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน

4. การสอนควรเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมากกว่าการเน้นเฉพาะเนื้อหาตามบทเรียน

5. ผู้เรียนต้องฝึกวิธีการตัดสินใจ ทักษะการอ่านและการเขียนเป็นทักษะสำคัญของทักษะการคิดวิเคราะห์

6. ผู้เรียนควรเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น

7. การสอนวิธีการแก้ปัญหาทำให้ผู้เรียน มีความสามารถที่ช่วยให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ดี และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรคำนึงถึงการบูรณาการด้วย

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้กล่าวว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องเริ่มจากทักษะย่อยพื้นฐานขั้นต้นไปสู่ทักษะพื้นฐานขั้นที่สูงกว่า ยากและซับซ้อนกว่า โดยมีแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความคิดวิเคราะห์ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบหรือเรียบเรียงให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

2. กำหนดมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์ โดยอาศัยองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้ง สองอย่าง ทั้งความรู้และประสบการณ์เดิม การค้นพบลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมของกลุ่มข้อมูลบางส่วน

3. กำหนดหมวดหมู่ในมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์

4. การแจกแจงข้อมูลที่มีอยู่ลงในแต่ละหมวดหมู่ โดยคำนึงถึงความความสัมพันธ์เหตุการณ์ การเป็นสมาชิก หรือความเกี่ยวข้องโดยตรง

5. นำข้อมูลที่แจกแจงเสร็จแล้วในแต่ละหมวดหมู่มาจัดลำดับ หรือจัดระบบให้ง่ายแก่ความเข้าใจ

6. เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหมวดหมู่หรือแต่ละหมวดหมู่ในแง่ของ ความมาก-น้อย ความสอดคล้อง-ความขัดแย้ง ผลด้านบวก-ด้านลบ ความเป็นเหตุ-เป็นผล ลำดับ หรือความต่อเนื่อง

4) ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ มีความสำคัญและมีบทบาทนักเรียนเป็นอย่างมาก สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 39) กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1. ช่วยให้รู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่างๆ ว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง ได้ข้อเท็จจริงเพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง
2. ช่วยสำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏ ไม่ด่วนสรุปตามอารมณ์ ความรู้สึก หรืออคติ แต่สืบค้นตามหลักเหตุผลและข้อมูลที่เป็นจริง
3. ช่วยในการสรุปสิ่งต่างๆ ตามความเป็นจริง ช่วยไม่ให้หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว
4. ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่นๆ ที่ถูกบิดเบือนไปจากความประทับใจในครั้งแรก ทำให้เรามองอย่างครบถ้วนในแง่มุมต่างๆ ที่มีอยู่
5. ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต การหาความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏ พิจารณาตามความสมเหตุสมผลของสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะสรุปสิ่งใดลงไป
6. ช่วยหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่ง ที่เกิดขึ้นจริง โดยไม่พึ่งพินอคติที่ก่อตัวอยู่ในความทรงจำ ทำให้เราสามารถประเมินสิ่งต่างๆ ได้อย่างสมจริงสมจัง
7. ช่วยประมาณการความน่าจะเป็น โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่วิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ของสถานการณ์ ณ เวลานั้น

จุฑามาศ เจริญธรรม (2549, น. 35) กล่าวถึงประโยชน์ของทักษะการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า ช่วยให้รู้ข้อเท็จจริง ช่วยให้ไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่ายๆ ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่นๆ ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต ช่วยหาเหตุผลที่สมเหตุสมผล และช่วยประมาณการความน่าจะเป็นจะเห็นได้ว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์มีประโยชน์เป็นอย่างมาก เช่น ช่วยให้รู้ข้อเท็จจริง ช่วยให้ไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่ายๆ ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่นๆ ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต ช่วยหาเหตุผลที่สมเหตุสมผล ช่วยประมาณการความน่าจะเป็น และช่วยให้เกิดปัญญา

1.5.2 การคิดสังเคราะห์

1) ความหมายของการคิดสังเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดสังเคราะห์ไว้ว่า การสังเคราะห์ หมายถึง การผสมผสานรวมกันอย่างกลมกลืน ของส่วนประกอบต่างๆ จนกลายเป็นสิ่งใหม่ที่มีเอกลักษณ์และคุณสมบัติเฉพาะ ดังนั้น การคิดเชิงสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดที่ดึงองค์ประกอบต่างๆ มาหลอมรวมหรือถักทอภายใต้โครงร่างใหม่อย่าง

เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยจะต้องอาศัยการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะคิด ซึ่งอาจจะมีจำนวนมากและกระจัดกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ ทั่วไป เมื่อได้ข้อมูลเหล่านั้นมาแล้ว จะต้องดึงแนวคิดจากส่วนประกอบเหล่านั้น คัดเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่คิดและไม่เพียงการดึงแนวคิดจากแหล่งต่างๆ มากองรวมกันเท่านั้น แต่ยังต้องนำมาหลอมรวมแนวคิดเหล่านั้นเพื่อถักทอความคิดต่างๆ ให้อยู่ภายใต้ตัวแบบโครงร่างเดียวกันซึ่งได้กำหนดขึ้น เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

จากความหมายที่กล่าวไว้ สามารถสรุปเกี่ยวกับการคิดสังเคราะห์ได้ว่าการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมองค์ประกอบของสิ่งที่ศึกษาโดยใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ แล้วเชื่อมโยงและถักทอเป็นเรื่องราวเดียวกัน เพื่ออธิบายสิ่งนั้นใหม่ตามความเข้าใจของผู้ศึกษา

2) ประเภทของการคิดสังเคราะห์

การแบ่งประเภทของการคิดสังเคราะห์ มีการแบ่งไว้หลายแบบดังต่อไปนี้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ได้แบ่งการคิดเชิงสังเคราะห์ได้เป็น 2 ลักษณะได้แก่

1. การคิดสังเคราะห์เชิงวิพากษ์ เป็นการวิพากษ์เรื่องราวต่างๆ หรือประเด็นต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปบางประการที่เหมาะสม สามารถนำมาใช้ในสิ่งที่เราต้องการต่อไป และตอบวัตถุประสงค์ที่เราตั้งไว้
2. การคิดสังเคราะห์เชิงสร้างสรรค์ เป็นการนำแนวความคิดต่างๆ หรือประเด็นต่างๆ ที่ได้รับมาจัดรูปความสัมพันธ์เชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผล กลายเป็นสิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือมีความใหม่สำหรับเราเหมาะสมแก่การนำมาใช้งานบางอย่างตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3) ขั้นตอนการคิดสังเคราะห์

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้างหรือสังเคราะห์ขึ้น
2. ศึกษาส่วนประกอบหรือวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
3. เลือกและนำข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มาจัดทำกรอบแนวคิดสำหรับสร้างสิ่งใหม่
4. สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนดโดยการผสมผสานส่วนประกอบ/ข้อมูลที่เลือก รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ตามความเหมาะสมและความจำเป็น
5. ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้ประโยชน์

4) ประโยชน์ของการคิดสังเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดสังเคราะห์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยให้เราสามารถจัดระบบระเบียบข้อมูลที่กระจัดกระจายในความคิดของเราได้อย่างเหมาะสม ความคิดของเราจะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ไม่คลุมเครือ และนำมาใช้ในชีวิตจริงได้
2. ทำให้เกิดความรอบคอบในแนวทางปฏิบัติ เนื่องจากผ่านการคิดสังเคราะห์ที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนรอบด้าน โอกาสเกิดข้อผิดพลาดน้อย สามารถสร้างสรรค์สิ่งที่มีประโยชน์ต่อสังคมและตัวเราได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
3. ช่วยให้เราสามารถหาทางออกของปัญหาโดยไม่ต้องเริ่มจากศูนย์ ทำให้เราไม่ต้องคิดสิ่งต่างๆ ราวกับว่าสิ่งนั้นไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน แต่สามารถนำสิ่งที่คนอื่นคิดหรือได้ปฏิบัติมาแล้ว มาใช้ประโยชน์ได้ โดยดูจากเรื่องเดียวกันในหลายๆ ที่ หลายๆ แห่ง ทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงและโดยอ้อม เามาผสมผสานกันเป็นทางออกของปัญหา
4. ประหยัดเวลาการคิด และทำให้สามารถต่อยอดและสร้างแนวคิดที่เป็นของตนเองขึ้นมาได้ง่ายขึ้น
5. ทำให้เข้าใจสิ่งที่ศึกษาได้ชัดเจน และครบถ้วน เมื่อเราต้องการหาทางออกให้กับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือต้องการเปลี่ยนแปลงบางสิ่งบางอย่าง และสามารถปรับใช้อย่างสร้างสรรค์ในสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น
6. ช่วยขยายขอบเขตความสามารถของสมอง สามารถจัดระเบียบข้อมูลที่มีอยู่มากมายและกลั่นกรองออกมาเป็นเรื่องเดียวกันได้ ข้อมูลที่สังเคราะห์จะเป็นประโยชน์ในการคิดต่อยอดความรู้ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาสิ่งใหม่ๆ ได้
7. ช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ในการคิด เพื่อให้เกิดผลผลิตทางความคิดใหม่ๆ และสามารถผสมผสานความคิดเห็นที่ไปทางเดียวกัน กับความคิดเห็นที่ขัดแย้งกัน แล้วนำความคิดเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ได้

1.5.3 การคิดสร้างสรรค์

1) ความหมายของการคิดสร้างสรรค์

ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1962, p. 12) ให้นิยามของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการคิดผลิตหรือสิ่งแปลกๆ ที่ไม่รู้จักมาก่อนซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่างๆ ที่ได้จากประสบการณ์แล้วรวบรวมความคิดเป็นสมมติฐาน ทำการทดสอบสมมติฐานแล้วรายงานผลที่ได้รับจากการค้นพบ

กิลฟอร์ด (Guilford, 1967, pp. 60-65) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็น ลักษณะความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ซึ่งมีลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วยความคิดแบบอเนกนัย ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

อารี พันธุ์ณี (2537, น. 25) ได้กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็น กระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย อันนำไปสู่การคิดพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิด คัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่ง ต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแต่คิด ในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เห็นเหตุผล เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่คิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญ ยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับ ความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือ จินตนาการให้เป็นไปได้หรือเรียกว่าเป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเอง จึงจะทำให้เกิดผลงาน

สมศักดิ์ ภู่วิภาดารัตน์ (2537, น. 56) ได้ให้ความหมายของความคิด สร้างสรรค์ไว้ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัด ความที่แน่นอนตายตัว
2. ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลก ใหม่และมีคุณค่า

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้ว่า ความคิด สร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการใช้สมองคิดในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ซึ่ง สามารถคิดได้หลากหลายรูปแบบ หลายแง่มุม และสามารถนำความคิดเหล่านั้นมารวบรวมเพื่อใช้ ในการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้นๆ ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ หรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่เกิดขึ้น

2) องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

กิลฟอร์ด (1967, น. 145-151) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบ ของความคิดสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับ ความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มี อยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่ม

มีหลายระดับซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้น โดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1 ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expression Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิดแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสาร เท่านั้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

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

3) ขั้นตอนการคิดสร้างสรรค์

จากการวิเคราะห์ของนักการศึกษาและนักจิตวิทยา ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และได้จัดลำดับขั้นตอนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้ (นิพนธ์ จิตต์ภักดี, 2523, น. 20)

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับความรู้ทั่วไปและความรู้เฉพาะ เพื่อมาประกอบการพิจารณา โดยอาศัยพื้นฐานของกระบวนการต่อไปนี้

1.1 การสังเกต นักคิดสร้างสรรค์จำเป็นต้องเป็นนักสังเกตที่ดี และสนใจต่อสิ่งแปลกๆ ใหม่ ที่ได้พบเห็นเสมอ

1.2 การจำแนก หมายถึง กระบวนการจำแนกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นหมวดหมู่เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลำดับความคิดต่อไป

1.3 การทดลอง เป็นหัวใจของการสร้างสรรค์งาน เพราะผลการทดลองจะเป็นข้อมูลสำหรับคิดสร้างสรรค์ต่อไป

2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่ใช้เวลาสำหรับการครุ่นคิดเป็นระยะที่ยังคิดไม่ออกบางครั้งแทบไม่ได้ใช้ความคิดเลย การฟักตัวนี้บางครั้งความคิดอื่นจะแวบมาโดยไม่รู้ตัว

3. ขั้นคิดออก (Illumination or Inspiration) เป็นขั้นของการแสดงภาวะสร้างสรรค์อย่างแท้จริง คือสามารถมองเห็นลู่ทางในการริเริ่ม หรือสร้างสรรค์งานอย่างแจ่มชัด โดยตลอด

4. ขั้นพิสูจน์ (Verification) เป็นขั้นการทบทวน ตรวจสอบ ปรับปรุง ประเมินค่าวิธีการว่าใช้ได้หรือไม่ เพื่อให้คำตอบที่ถูกต้องแน่นอนเป็นกฎเกณฑ์ต่อไป

ความคิดสร้างสรรค์ไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนเป็นลำดับขั้นตอนดังกล่าวแต่เป็นการคาดคะเนจากเหตุการณ์ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ การคิดสร้างสรรค์ของบุคคล ไม่จำเป็นต้องเป็นขั้นสูงสุดเสมอไป แต่ความคิดสร้างสรรค์อาจเป็นขั้นตอนใดในหกขั้นตอนต่อไปนี้ (บุญเหลือ ทองอยู่, 2521, น. 16)

ขั้นที่ 1 การคิดสร้างสรรค์ขั้นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นมีผลผลิตออกมา

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างสรรค์

ขั้นที่ 4 ขั้นความคิดสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ

ขั้นที่ 6 ขั้นความคิดสร้างสรรค์สูงสุด สามารถแสดงความคิดเป็นนามธรรม

4) ประโยชน์ของการคิดสร้างสรรค์

1. ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดแนวทางใหม่ๆ ในการดำเนินชีวิตและแนวทางใหม่ๆ ในการแก้ปัญหาชีวิตและการทำงาน
2. ก่อให้เกิดความสนุก เป็นธรรมชาติของมนุษย์ที่ต้องค้นหาวิธีการคิดใหม่ๆ ขึ้นมาทดแทนความคิดเก่าๆ สำหรับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การที่มนุษย์ต้องคิดอะไรใหม่ๆ อยู่เสมอย่อมเป็นเรื่องสนุกเพราะทำให้ชีวิตไม่จำเจ
3. พัฒนาสมองของคนให้มีความฉลาดเฉียบคม การฝึกการคิดหรือพยายามคิดเรื่องที่แปลกๆ ใหม่ๆ เป็นประจำ จะทำให้เกิดความเฉียบแหลมในการคิดแก้ปัญหาต่างๆ เพิ่มขึ้น
4. สร้างความเชื่อมั่น ความน่านับถือและความพอใจในตัวเองขึ้นมา เมื่อใดก็ตามที่เราพัฒนาขีดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์จนสามารถเผชิญหน้าและและแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างราบรื่น ก็จะกลายเป็นผู้นำทางด้านความคิดและเกิดความภูมิใจในตนเอง

1.5.4 การคิดแก้ปัญหา

1) ความหมายของการคิดแก้ปัญหา

รุ่งชีวา สุขดี (2531, น. 35) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่จะต้องฝึกฝนอยู่เสมอ และความสามารถในการคิดแก้ปัญหของแต่ละบุคคล

นารีรัตน์ พิภพสมบูรณ์ (2541, น. 48) ได้สรุปไว้ว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมหรือคุณลักษณะที่ บุคคลเลือกกระทำหรือปฏิบัติ ในการหาทางออกกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่ ต้องเผชิญ มีลักษณะเฉพาะเอกลักษณ์บุคคล เป็นกิจกรรมที่เป็นทั้งการ แสดงความรู้ ความคิด และเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องฝึกฝน และควรฝึกให้กับนักเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายด้าน เช่น ความรู้หรือประสบการณ์เดิม ความสามารถทางสติปัญญา เป็นต้น

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 15) ได้ให้ความหมายของความสามารถของการคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถทางสมองในการจัดสถานะความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายามปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้สมดุลกลืนกลับมาสู่สถานะที่เราคาดหวัง

อุดมลักษณ์ นกพิงพุ่ม (2545, น. 62) สรุปไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการคิดแก้ปัญหาที่พบ เพื่อให้บรรลุจุดหมายตามที่ต้องการ

2) องค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหา

รุ่งชีวา สุขดี (2531, น. 35) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลยังขึ้น อยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ด้านด้วยกัน คือ

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล หรือความรู้เดิม
2. วุฒิภาวะของสมองและความสามารถทางสติปัญญา
3. สภาพการณ์ที่ แตกต่างกัน
4. กิจกรรมและความสนใจของแต่ละคนที่มีต่อปัญหานั้น
5. ความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้าทั้งหมด

3) ขั้นตอนการสอนการคิดแก้ปัญหา

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครู นักเรียน หรือครูกับนักเรียนกำหนดปัญหา ขึ้นโดยวิธีการต่างๆ เช่น ถาถามนำเข้าสู่บทเรียน เล่าเรื่องหรือประสบการณ์ แล้วตั้งปัญหา ใช้สถานการณ์ในชุมชนมาตั้งปัญหา จัดสถานการณ์ในห้องเรียนกระตุ้นให้เกิดปัญหาเป็นต้น

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา เมื่อได้ปัญหาจากขั้นที่ 1 มาแล้ว ครูจะนำนักเรียนให้คิดพิจารณาปัญหา จากนั้นก็จะแบ่งกลุ่ม เพื่อรับผิดชอบในการแก้ปัญหาแต่ละข้อ การสอนขั้นนี้จะจบลงด้วยการเสนอแนะแหล่งความรู้ที่แต่ละกลุ่มควรไปค้นคว้าหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมุติฐาน เป็นขั้นที่นักเรียนคาดเดาว่าปัญหานั้นๆมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขโดยวิธีใด หรือปัญหานั้นควรมีคำตอบว่าอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 4 เก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนแต่ละกลุ่มจะไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาด้วยการทำกิจกรรมต่างตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2 เช่น อ่านหนังสือ สัมภาษณ์ ผู้รู้ เชิญวิทยากรมาให้ความรู้ ทำแผนภูมิ ทำแผนผัง ทำสมุดภาพ ทดลองปฏิบัติ เป็นต้น ขณะทำกิจกรรมครูจะคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นตอนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำข้อมูลที่ไปค้นคว้าหรือทดลองมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ หาคำตอบที่ต้องการ หรือพิสูจน์ว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้นั้น ถูกต้องหรือไม่ คำตอบที่ถูกคืออะไร

ขั้นที่ 6 สรุปผล เป็นขั้นที่นักเรียนสรุปผลการเรียนรู้และหลักการที่ได้จากการศึกษาหาปัญหานี้

สรุปได้ว่าการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด จะเป็น การสอดแทรกกระบวนการคิดในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงการ โดยกระบวนการคิดที่สำคัญ พอสรุปได้ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ คือ การจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ออกเป็นส่วนๆ เพื่อค้นหาว่ามีองค์ประกอบย่อยๆ อะไรบ้าง ทำมาจากอะไร ประกอบขึ้นมาได้ อย่างไรและมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งในขั้นตอนการทำโครงการวิทยาศาสตร์ผู้เรียน จะคิดจำแนกประเด็นปัญหา แยกแยะข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น แยกประเภทข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ ก่อนที่จะสรุปและประเมินผลต่อไป ดังนั้น ทักษะการคิดวิเคราะห์จึงต้องใช้ในทุขั้นตอนของการ ทำโครงการวิทยาศาสตร์

2. การคิดสังเคราะห์ คือ ความสามารถในการคิดที่ดึงองค์ประกอบต่าง ๆ มาหลอมรวมกันภายใต้โครงร่างใหม่อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่าง ไปจากเดิม ซึ่งในการศึกษาตามขั้นตอนของการทำโครงการวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนจะต้องมีการ ค้นหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่มาจากแหล่งต่างๆ รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการศึกษาตาม ขั้นตอนการทำโครงการ เพื่อนำมาหลอมรวมกันสรุปเป็นรายงานโครงการ ดังนั้น การคิดสังเคราะห์ จึงต้องใช้ในขั้นตอนที่มีการสรุปหรือประเมิน ที่ชัดเจน เช่น ขึ้นการวางแผนการทำโครงการ ขั้นตอนการเขียนรายงาน และการนำเสนอผลงาน เป็นต้น

3. การคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของ สิ่งต่างๆ การขยายขอบเขตความคิดออกไปจากกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่สู่ความคิดใหม่ๆ ที่ไม่เคยมี มาก่อน เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดให้กับปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไป จากเดิม เป็นความคิดที่ หลากหลาย คิดได้กว้างไกล หลายแง่หลายมุม เน้นทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจะต้องพยายามคิดหาปัญหาใหม่ ๆ หรือคิด หาแนวทางแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือผลผลิตที่มีความทันสมัยและใช้ประโยชน์ได้จริง

4. การคิดแก้ปัญหา คือ ความสามารถทางสมองในการจัดสถานะความไม่ สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายาม ปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้ผสมกลมกลืนกลับเข้าสู่สถานะสมดุล หรือสถานะที่เราคาดหวัง ซึ่งในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ผู้เรียนจะมีสถานะเช่นนี้เมื่อเกิดปัญหา และจะพยายามคิดเพื่อหาแนวทางให้หลุดพ้นจากสภาพปัญหา หรือหาทางออก นั่นก็คือ แนวทางใน การค้นหาคำตอบของปัญหานั้นเอง การคิดแก้ปัญหาจึงจำเป็นสำหรับทุขั้นตอนของการทำ โครงการวิทยาศาสตร์

1.6 ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิดนักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะสำคัญๆ หลายประการ เพื่อให้การทำโครงงานเป็นไปอย่างราบรื่นและประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ชาติเรณู (2547) กล่าวถึง ทักษะและกระบวนการที่จำเป็นในการทำโครงงานมีดังนี้

1.6.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการขั้นผสมผสานดังนี้

1) การสังเกต เป็นการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ ตา หู จมูก ผิวกาย และลิ้น หรือ อย่างไม่อย่างหนึ่งในการสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆหรือจากการทดลอง เพื่อค้นหารายละเอียดต่างๆของข้อมูล ข้อมูลจากการสังเกตแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1)ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลจากการสังเกตคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ เช่น สี รส กลิ่น ลักษณะ สถานะ เป็นต้น

(2)ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ขนาด ความยาว ความสูง น้ำหนัก ปริมาตร อุณหภูมิ ของสิ่งต่างๆ

2) การลงความเห็นจากข้อมูล เป็นการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์มาอธิบายด้วยความเห็นส่วนตัวต่อข้อมูลนั้นๆ

3) การจำแนกประเภท เป็นการแบ่งพวก จัดจำแนก เรียงลำดับ วัตถุ หรือ ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ เป็นระบบ ทำให้สะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการศึกษาค้นคว้า โดยการหาลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมบางประการ หรือ หาเกณฑ์ความเหมือน ความต่าง ความสัมพันธ์ อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

4) การวัด เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องในการวัดสิ่งต่างๆ ที่ต้องการศึกษา เช่น ความกว้าง ความสูง ความหนา น้ำหนัก ปริมาตร เวลาและอุณหภูมิ โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้อง รวดเร็ว มีหน่วยกำกับ และสามารถอ่านค่าที่ใช้วัดได้ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

5) การใช้ตัวเลข การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณเป็นการนับจำนวนของวัตถุ และนำค่าตัวเลขที่ได้จากการวัดและการนับมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการนำมา บวก ลบ คูณหาร เช่น การหาพื้นที่ การหาปริมาตร เป็นต้น

6) การพยากรณ์ เป็นความสามารถในการทำนาย คาดคะเนคำตอบโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประสบการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยๆ หลักการ ทฤษฎี หรือ กฎเกณฑ์ต่างๆ มาช่วย

สรุปหาคำตอบเรื่องนั้นๆ ซึ่งการพยากรณ์จะแม่นยำมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับผลที่ได้จากการสังเกตที่รอบคอบการวัดที่แม่นยำการบันทึกที่เป็นจริง และการจัดกระทำข้อมูลที่เหมาะสม

7) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และ สเปสกับเวลา สเปส (Space) หมายถึง ที่ว่างในรูปทรงของวัตถุมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง (หนา ลึก) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 มิติ กับ วัตถุ 2 มิติ และ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง คือการบ่งชี้รูป 2 มิติ รูป 3 มิติ ได้ หรือสามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือภาพ 3 มิติได้ เป็นต้น ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา หรือการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา นั่นคือการบอกทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุเมื่อเทียบกับตัวเองหรือสิ่งอื่นๆ

8) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การจัดกระทำ คือ การนำข้อมูลดิบมาจัดลำดับจัดจำพวก หาความถี่ หาความสัมพันธ์ หรือคำนวณใหม่ การสื่อความหมายข้อมูล เป็นการใช่วิธีต่างๆ เพื่อแสดงข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจ เช่น การบรรยาย ใช้แผนภูมิ แผนภาพ วงจร กราฟ ตาราง สมการ ไดอะแกรม เป็นต้น

9) การกำหนดและควบคุมตัวแปร ตัวแปร หมายถึง สิ่งที่แตกต่างกัน หรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเมื่ออยู่ในสถานการณ์ต่างๆ กัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ ตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรเหตุ) เป็นตัวแปรเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือ ตัวแปรที่เราต้องการศึกษา หรือทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลตามที่เราสังเกตใช่หรือไม่ ตัวแปรตาม(ตัวแปรไม่อิสระ หรือตัวแปรผล) เป็นตัวแปรที่เกิดมาจากตัวแปรเหตุ เมื่อตัวแปรเหตุเปลี่ยนแปลง ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรอื่นๆมากมาย (นอกจากตัวแปรเหตุ) ที่อาจส่งผลต่อการทดลอง ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไป เราจึงจำเป็นต้องทำการควบคุมให้เหมือนกัน กันเสียก่อน

10) การตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบของปัญหาอย่างมีเหตุผล หรือการบ่งบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรอย่างน้อย 2 ตัว ก่อนที่จะทำการทดลองจริง โดยอาศัยทักษะการสังเกต ประสบการณ์ และความรู้เดิมเป็นพื้นฐาน ซึ่งลักษณะของสมมติฐานอาจถูกหรือผิดก็ได้สมมติฐานที่ดีจะเป็นคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้าเป็นข้อความบ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น กับตัวแปรตามอาจมีมากกว่า 1สมมติฐานก็ได้ ใช้เป็นแนวทางการออกแบบการทดลองการพิสูจน์ สมมติฐานว่าถูกหรือผิด (อาจใช้คำว่ายอมรับ หรือไม่ยอมรับสมมติฐานนั้นๆ)

11) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความหมายของคำหรือข้อความที่ใช้ในการทดลองที่สามารถสังเกต ตรวจสอบ หรือ ทำการวัดได้ ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดเพื่อ

ความเข้าใจที่ตรงกันเสียก่อนทำการทดลอง ซึ่งนิยามเชิงปฏิบัติการจะแตกต่างจากคำนิยามทั่วไป คือต้องสามารถวัด หรือตรวจสอบได้ ซึ่งมักจะเป็นคำนิยามของตัวเอง

12) การทดลอง เป็นกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมุติฐาน ที่ตั้งไว้ใน การทดลองประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) การออกแบบการทดลอง คือการวางแผนการทดลองก่อนลงมือ ปฏิบัติจริงโดยกำหนดว่าจะใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง จะทำอะไร ทำเมื่อไร มีขั้นตอนอะไร

(2) การปฏิบัติการทดลอง คือการลงมือปฏิบัติตามที่ออกแบบไว้

(3) การบันทึกผลการทดลอง คือการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะที่กล่าวไปแล้ว

13) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป การตีความหมายข้อมูลคือการแปลความหมาย หรือการบรรยายผลของการศึกษาเพื่อให้คนอื่นเข้าใจว่าผลการศึกษเป็นอย่างไร เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่การลงข้อสรุปเป็นการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ การอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เป็นผลของการศึกษาการฝึกทักษะที่จำเป็นในการทำโครงการทุกขั้นตอนอย่างเป็นระบบจะทำให้ นักเรียนได้โครงการและได้ผลสำเร็จของโครงการที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

1.6.2 ทักษะการทำงานกลุ่ม ลักษณะของการทำงานกลุ่ม ประกอบด้วย ปัจจัย 5 ประการ ได้แก่ การมีเป้าหมายร่วมกัน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การติดต่อสื่อสารในกลุ่ม การร่วมมือประสานงานในกลุ่ม การตัดสินใจร่วมกัน และการมีประโยชน์ร่วมกัน โดยการทำงานกลุ่มประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1) ผู้นำของกลุ่ม หรือประธานกลุ่มหรือหัวหน้ากลุ่ม ผู้ที่เป็นผู้นำนั้นต้องมีความรู้ความคิดริเริ่ม ความกล้าหาญ ความมั่นใจในตนเอง ความซื่อสัตย์ ความยุติธรรม ความกระตือรือร้น ความอดทน มีอารมณ์ที่มั่นคง มีความรอบคอบในการทำงานมีความสามารถในการประสานงานปลอบความไวต่อการรับรู้ความรู้สึกรู้สึกของผู้อื่น เป็นต้น

2) สมาชิกกลุ่ม เป็นผู้ร่วมในการทำงานโดยต้องมีความรับผิดชอบต่องาน ร่วมกันสมาชิกที่ดีต้องมีความเข้าใจ กระตือรือร้นที่จะทำงาน รับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเองในการทำงานแต่ละครั้งเพื่อให้งานส่วนรวมดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และไม่ควรถกักตึงเพียงหน้าที่ของตนเองแต่ควรใช้ประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มอื่นมาฝึกฝนและพัฒนาตนให้มีทักษะอื่นๆ รอบด้าน

3) กระบวนการในการทำงานกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

(1) การกำหนดจุดมุ่งหมายในการทำงาน

(2) การวางแผนในการทำงาน

(3) การปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้

(4) การประเมินผลและการปรับปรุงงาน ดังนั้นการทำงานกลุ่มเป็นทักษะที่จำเป็นอีกทักษะหนึ่งที่ครูต้องฝึกให้ผู้เรียนได้ ปฏิบัติจนมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดีก่อนที่จะประยุกต์ใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ต่อไป

สรุปได้ว่าการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด นอกจากจะส่งเสริมให้ผู้เรียนในด้านกระบวนการคิดแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนมีวิธีการเรียนรู้แบบนักวิจัย

1.7 การประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์จะต้องบูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการหลายๆ ด้าน เพื่อให้การประเมินผลมีความเหมาะสม (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 313) ครูผู้สอนจะต้องปฏิบัติดังนี้

1.7.1 วิเคราะห์รายละเอียดของโครงงาน ก่อนจะประเมินผลโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูผู้สอนจะต้องวิเคราะห์ของโครงงานในสิ่งต่อไปนี้

- 1) แรงจูงใจให้ทำโครงงาน
- 2) ทำโครงงานขึ้นเพื่อตอบข้อสงสัย ปัญหา หรือคำถามใด
- 3) สมมติฐานของโครงงานมีว่อย่างไร
- 4) มีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการหรือไม่
- 5) การออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานทำอย่างไร
- 6) ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในโครงงาน อะไรเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม
- 7) ข้อสรุปของโครงงานคืออะไร
- 8) โครงงานนี้จะขยายหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง
- 9) ตัวแปรอื่นใดอีกบ้างที่น่าจะได้ศึกษาเพิ่มเติม

ตัวแปรควบคุม

1.7.2 การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ การประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาประเมิน ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ซึ่งสอดคล้องกับ กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน (2550, น. 18-20) มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ การพิจารณาตัดสินคะแนนต้องคำนึงถึงระดับชั้นและอายุของนักเรียนด้วย โดยจะพิจารณาจากการใช้คำศัพท์ การค้นเอกสารอ้างอิงได้เหมาะสม เข้าใจหลักการสำคัญๆ ของเรื่องที่ทํามากน้อยเพียงใด และได้รับความรู้เพิ่มเติมอะไรบ้าง

2) การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการงาน หรือเทคนิคที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

3) การเขียนรายงาน การจัดแสดงโครงการงาน และการอธิบายปากเปล่า พิจารณาจากรายงานที่เขียนขึ้น ถูกต้องตามแบบฟอร์มหรือไม่ บทคัดย่อมีความชัดเจนและครอบคลุมหรือไม่ ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน รัดกุม ตาราง กราฟและรูปภาพประกอบมีความเหมาะสมเพียงใด

4) สำหรับการจัดแสดงโครงการงาน พิจารณาจากคำอธิบายที่เขียนบนโปสเตอร์ที่จัดแสดงมีความเหมาะสม ชัดเจนเพียงใด และช่วยทำให้เข้าใจโครงการงานที่ทำเพียงใด การออกแบบและติดตั้งได้สวยงามน่าชมเพียงใด วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาแสดงจัดได้เหมาะสมเพียงใด ดึงดูดความสนใจเพียงใด และช่วยให้เข้าใจโครงการงานได้ดีขึ้นเพียงใด

5) การอธิบายปากเปล่า พิจารณาจากความชัดเจนในการอธิบาย มีความรัดกุม ใช้ภาษาได้เหมาะสมเพียงใด และพิจารณาจากการตอบคำถามมีความถูกต้องเหมาะสมและคล่องแคล่วเพียงใด

6) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การประเมินในข้อนี้ต้องคำนึงถึงระดับการศึกษาของผู้จัดทำ โดยพิจารณาจากปัญหาหรือเรื่องที่ทำความสำคัญและแปลกใหม่เพียงใด มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวคิดที่แปลกใหม่ลงไป ในโครงการงานที่ทำมาน้อยเพียงใด มีการคิดและใช้วิธีการที่แปลกใหม่ในการควบคุม หรือวัด หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มาน้อยเพียงใด มีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือที่แปลกใหม่ในการทำโครงการงานมาน้อยเพียงใด และมีการออกแบบ ประดิษฐ์ ดัดแปลงหรือใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แปลกใหม่ในการทำโครงการงานมาน้อยเพียงใด

1.7.3 หลักเกณฑ์การประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์ โครงการงานวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทจะมีการศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในการประเมินโครงการงานแต่ละประเภทจะพิจารณาและให้ความสำคัญกับแต่ละส่วนประกอบแตกต่างกันดังต่อไปนี้

1) ถ้าเป็นโครงการงานประเภททดลอง หรือสำรวจรวบรวมข้อมูล จะพิจารณาจากปัญหาหรือสมมติฐานที่เสนอไว้ชัดเจนเพียงใด การออกแบบหรือวางแผนการทดลองหรือเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้รัดกุมเพียงใด การวัดและการควบคุมตัวแปรต่างๆ ทำได้เพียงใด การจัดกระทำ และการนำเสนอข้อมูลทำได้เหมาะสมเพียงใด และการบันทึกเกี่ยวกับการทำโครงการงานทำไว้เรียบร้อยและเหมาะสมเพียงใด

2) ถ้าเป็นโครงการงานประดิษฐ์ จะพิจารณาจากวัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด การออกแบบมีความเหมาะสมกับงานที่จะใช้เพียงใด มีความคงทนถาวรและความปลอดภัย

ในการใช้งานเพียงใด การออกแบบได้คำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษามากน้อยเพียงใด มีความประณีตเรียบร้อย และเทคนิควิธีการที่ใช้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันเพียงใด

3) ถ้าเป็นโครงการเชิงทฤษฎี การประเมินจะพิจารณาจากแนวความคิดมีความต่อเนื่องเพียงใด แนวความคิดมีเหตุผลและมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด กติกาหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด และการอธิบายหรือการสรุปแนวคิดตั้งอยู่บนกติกาหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่วางไว้หรือไม่

สรุปในการประเมินผลโครงการวิทยาศาสตร์ จะต้องมีการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทุกๆ ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความคิด ด้านทักษะกระบวนการ เป็นต้น ดังนั้น ในการประเมินผลการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จึงต้องประเมินทั้งชิ้นงาน รายงานโครงการ การวัดความรู้ ความคิดและทักษะกระบวนการที่เกิดขึ้น ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือประเมินที่เหมาะสมในการประเมิน

1.8 ความสำคัญและประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531, น. 4) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยเบื้องต้น ทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และมีโอกาสที่จะแสดงออก พัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น และรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น. 310) ได้กล่าวถึง ความสำคัญและประโยชน์ของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ที่เกิดแก่ผู้เรียนไว้ พอสรุปได้ว่า กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ช่วยทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความมีวินัยในตนเอง และความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

พิพัฒน์ สายสอน (2556) ได้กล่าวถึง การจัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนคิดสร้างสรรค์โครงการเพื่อพัฒนาทักษะการคิด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ “ทักษะกระบวนการ 9 ขั้น สร้างสรรค์ โครงการเพื่อพัฒนาทักษะการคิด” มีกระบวนการและกิจกรรม ดังนี้

1. ฝึกค้นหาปัญหา โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ร่วมกันอภิปรายประเด็นปัญหาเรื่องราวที่อยู่ในความสนใจแต่ละคนระบุประเด็นปัญหา เหตุผลและความท้าทายที่ต้องหาคำตอบ เปิดโอกาสให้เพื่อนในกลุ่มตั้งข้อสงสัยที่ควรหาคำตอบ เช่น ทำไมจึงต้องทำเรื่องนี้ มีวิธีการแสวงหา

ข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ อย่างไร จะเกิดผลอะไรขึ้นหากทำการศึกษาค้นคว้า โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 1 ฝึกค้นหาปัญหาและความจำเป็น

2. นำมาวิเคราะห์ด้วยเหตุผล นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมปัญหาหรือเรื่องที่น่าสนใจจากการนำเสนอตามใบกิจกรรมที่ 1 ร่วมกันระบอบองค์ประกอบย่อย ระบุความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบในเรื่องที่ต้องการศึกษา จัดลำดับความสำคัญโดยใช้ใบกิจกรรมที่ 2 แผนผังการวิเคราะห์ปัญหา

3. ค้นหาทางเลือกอย่างหลากหลาย นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมพลังสมองเพื่อค้นคว้าข้อมูลแนวคิดใหม่ๆ มาแลกเปลี่ยน นำเสนอแนวคิด รับฟังความคิดเห็น ปรับเปลี่ยนความเชื่อตามข้อมูลที่มีเหตุผลที่ดีกว่าระบุทางเลือกที่มีความเป็นไปได้อย่างหลากหลายโดยใช้ใบกิจกรรมที่ 3 การค้นหาทางเลือก

4. เลือกทางเลือกด้วยจุดหมายเดียวกัน นักเรียนแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบผลดี ผลเสียความเป็นไปได้ของแต่ละทางเลือก ร่วมกันพิจารณา ตัดสินใจเลือกปัญหาที่มีข้อจำกัดน้อยและมีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จสูง โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 4 การเลือกหัวข้อโครงการ

5. กำหนดขั้นตอนดำเนินการ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำหัวข้อโครงการที่เลือกมาประชุมวางแผนเพื่อกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อให้ไปสู่เป้าหมายของงานโดยกำหนด วิธีการดำเนินการ ผู้รับผิดชอบ ปฏิทินปฏิบัติงานและการประเมินภาพความสำเร็จของงาน โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

6. เริ่มปฏิบัติงานด้วยความมั่นใจ นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำตามขั้นตอนที่กำหนดและศึกษาค้นคว้าข้อมูลตามภาระงานที่ได้รับมอบหมาย แลกเปลี่ยน เรียนรู้วิธีการแสวงหาข้อมูล การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งเรียนรู้ในการแสวงหาข้อมูล บันทึกผลการปฏิบัติงานประจำวัน โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 6 การปฏิบัติการจัดทำโครงการ

7. ให้ทุกฝ่ายร่วมประเมินผลการปฏิบัติ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันจัดทำรายงานโครงการจากการศึกษาค้นคว้า จัดนิทรรศการโครงการเพื่อนำเสนอภายในกลุ่ม ให้เพื่อนต่างกลุ่มตรวจสอบผลงาน ให้คำแนะนำปรับแก้ไขรายงานและโครงการ ครูที่ปรึกษา ผู้ปกครองและผู้ทรงคุณวุฒิร่วมกันประเมินผลการปฏิบัติงาน สาเหตุที่ทำให้ไม่ได้ตามผลที่ต้องการในแต่ละขั้นตอน ระบุสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขโดยใช้ใบกิจกรรมที่ 7 การประเมินโครงการระหว่างดำเนินการ

8. กำจัดจุดอ่อนที่เป็นปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึงประเด็นที่ได้รับข้อเสนอแนะมาวางแผนร่วมกันเพื่อปรับปรุงแก้ไข หาเทคนิคใหม่ๆ มาใช้เพื่อนำเสนอผลงานเพิ่มคุณภาพของงาน โดยใช้ใบกิจกรรม ที่ 8 การปรับปรุงโครงการ

9. นำพาสู่ความภาคภูมิใจ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโครงการ ระบุสิ่งที่ทำได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ บอกผลดี คุณประโยชน์ ความสำคัญของสิ่งที่ทำได้สำเร็จจากโครงการเพื่อรับการประเมินจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญภายนอกสถานศึกษา และ เผยแพร่ความรู้เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มอื่น โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 9 การนำเสนอผลงาน

จากการศึกษาคุณค่าและประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของการสอนโครงการวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ดังนี้

1. เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่นักเรียนสนใจศึกษามากขึ้น
 2. ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ได้
 3. พัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ อยากเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 4. ช่วยให้นักเรียนพัฒนาตนเองในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความมีวินัยในตนเอง และความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
 5. เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง มีโอกาสแสดงความสามารถในทางสร้างสรรค์
 6. เป็นกิจกรรมที่พัฒนานักเรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
 7. ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ในทางสร้างสรรค์
- สรุปได้ว่าการสอนโครงการวิทยาศาสตร์แบบเสริมกระบวนการคิด นอกจากจะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วยังช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านอื่นๆ ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความมีวินัย ความรับผิดชอบ เป็นต้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงการวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงการวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนแบบโครงการวิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนการสอนที่บูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือทักษะอื่นๆ เพื่อให้การทำโครงการสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย ดังนั้น แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังต่อไปนี้

อจฺฉรา สุขารมณฺ และอรพินฺทฺ ชูชม (2530, น. 10) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ หมายถึงความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามจำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจมีผลมาจากการกระทำที่อาศัยความสามารถทางร่างกายหรือสมอง ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนที่อาศัยการทดสอบ เช่น จากการสังเกตหรือการตรวจการบ้าน หรืออาจอยู่ในรูปของเกรดที่ได้มาจากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกรรมวิธีที่ซับซ้อน และช่วงเวลาในการประเมินที่ยาวนาน หรืออีกวิธีหนึ่งอาจวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540, น. 19) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ สมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ของผู้เรียนว่า หลังการเรียนรู้นั้นๆ แล้วผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้นๆ เพียงใด

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542, น. 295) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ จากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้เล็กน้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ประหยัด แสงวิชัย (2544, น. 19) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม หมายถึง ความรู้ความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่วัดได้ 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา (2545) อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข (2551) กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนรู้ว่าเป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง เป็นการประเมินในเรื่องต่อไปนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านวิชาการ คือ ความรู้ ความเข้าใจในสาระ
2. การใช้กระบวนการคิด คือ การใช้กระบวนการแก้ปัญหา การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การใช้กระบวนการสร้างความรู้
3. ทักษะ เช่น ทักษะการนำเสนอ ทักษะการเขียน ทักษะการทำงานเป็นทีม เป็นต้น
4. คุณลักษณะที่พึงประสงค์ เช่น การพัฒนาเจตคติต่อการเรียน การใฝ่รู้ใฝ่เรียน เป็นต้น
5. นิสัยการทำงาน เช่น การทำงานได้สำเร็จตรงเวลา ใช้เวลาอย่างมีค่า ความรับผิดชอบ เป็นต้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข (2551) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง สรุปได้ดังนี้

1. เป็นการประเมินที่กระทำไปพร้อมๆ กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งสามารถทำได้ตลอดเวลากับทุกสถานการณ์ทั้งที่โรงเรียน บ้านและชุมชน
2. เป็นการประเมินที่เน้นพฤติกรรม การแสดงออกของผู้เรียนที่แสดงออกมาจริง ๆ
3. เน้นการพัฒนาผู้เรียนอย่างเด่นชัด
4. เน้นการประเมินตนเองของผู้เรียน
5. เน้นคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ความสามารถหลาย ๆ ด้านของผู้เรียน
6. เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูง
7. เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียน ครู ผู้ปกครอง

สรุปได้ว่าการเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง ดังนั้น ในวัดผลสัมฤทธิ์วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ จะต้องประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. คะแนนระหว่างเรียน หมายถึง การเก็บคะแนนในระหว่างที่ทำการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบ แบบฝึกหัดตัวอย่างโครงงาน ใบงาน แบบประเมินชิ้นงาน ที่นักเรียนทำในแต่ละครั้ง จำนวน 70 คะแนน
2. คะแนนหลังเรียน หมายถึง เป็นการวัดความรู้ ความเข้าใจ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามผลการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบ จำนวน 30 คะแนน

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการวางแผนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ที่	สาระที่วัด	คะแนนที่เก็บ (คะแนน)		เครื่องมือที่ใช้วัด
		ระหว่างเรียน	วัดหลังเรียน	
1.	ความรู้และความคิดใน 8 สาระการเรียนรู้	0	0	-การทดสอบ -การสัมภาษณ์
2.	มีความประพฤติตามที่ โรงเรียนระบุ	0	0	-สังเกตพฤติกรรม -การสัมภาษณ์
3.	มีการร่วมกิจกรรม	0	0	-สังเกตพฤติกรรม
4.	คุณภาพของผลงาน	0	0	-แบบประเมินผลงาน
	รวมทั้งรวม	0	0	

ที่มา : สถาบันทดสอบทางการศึกษา (2551)

2.2 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องมีวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวคิดของคลอปเฟอร์ (Leopold E. Klopfer) อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) ได้สรุปพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension) เป็นพฤติกรรมแรกที่จะหวังให้เกิดกับผู้เรียน ซึ่งนักเรียนสามารถระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียน เคยอ่านมาแล้ว แต่ผู้สอนต้องการให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา ซึ่งพฤติกรรมด้านความเข้าใจ เช่น การระบุหรือชี้แจงความรู้ได้เมื่ออยู่ในรูปใหม่ หรือการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่งได้

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา การแปลความหมายของข้อมูลและการสร้างข้อสรุป การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี เป็นต้น

3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นการฝึกนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา ซึ่งควรฝึกนักเรียนแก้ปัญหา 3 ประเภท ได้แก่ แก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน วิทยาศาสตร์สาขาอื่น และแก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (Manual skills) เป็นการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการและใช้เทคนิคการทดลองต่างๆ ไปอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

5. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests) เป็นพฤติกรรมด้านเจตพิสัย เน้นการวัดความรู้สึก อารมณ์ การยอมรับ ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ที่มีลักษณะดังนี้

5.1 เป็นผู้ที่ชอบแสวงหาสาเหตุของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ไม่เชื่อในสิ่งที่ปราศจากหลักฐานต่างๆ

5.2 เป็นผู้ที่มีจิตใจกว้างขวาง ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นและทบทวนความคิดของตนเอง

5.3 เป็นผู้ที่ให้ความคิดเห็นและสรุปเรื่องราวต่างๆ โดยใช้หลักฐานที่เชื่อถือได้ มีการพิจารณาไตร่ตรองอย่างดี

5.4 เป็นผู้ที่ชอบประเมินผลเทคนิควิธีการทำงานของตนเองเสมอ และใช้เทคนิควิธีซึ่งพิสูจน์แล้วว่าดีผลดี

5.5 เป็นผู้ที่อยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ต้องการคำอธิบายที่ชัดเจน

6. การมีแนวโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ (Orientation) เป็นการวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเรื่องอื่นๆ เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติการการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์แล้ว ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แอนเดอร์สันและคณะ อ้างถึงในพิศิษฐ ตันทวนิช(2557) มีการแบ่งมิติการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัยของผู้เรียนเสียใหม่ออกเป็น 2 มิติ หลัก คือ มิติของตัวความรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะย่อย ประกอบด้วย 1) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง 2) ความรู้ที่เป็นมโนทัศน์ 3) ความรู้ที่เป็นกระบวนการขั้นตอน 4) ความรู้ในส่วนของการหยั่งรู้ถึงวิถีคิดของตนเอง ส่วนมิติของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 6 ลำดับชั้น ประกอบด้วย

1. การจำ (remembering) ประกอบด้วย การจำได้ (recognizing) การระลึกได้ (recalling)

2. ความเข้าใจ (understanding) ประกอบด้วย การตีความ (interpreting) การยกตัวอย่าง (exemplifying) การจัดประเภท (classifying) การสรุปความ (summarizing) การอ้างพาดพิง (inferring) การเปรียบเทียบ (comparing) การอธิบาย (explaining)

3. การปรับใช้ (applying) ประกอบด้วย การลงมือกระทำตามขั้นตอน (executing) การประยุกต์ (implementing)

4. การวิเคราะห์ (analyzing) ประกอบด้วย การชี้ระบุลักษณะสำคัญ (differentiating) การชี้ระบุระบบความสัมพันธ์ (Organizing) การชี้ระบุคุณสมบัติภายใน (attributing)

5. การประเมิน (evaluating) ประกอบด้วย การตรวจสอบ (checking) การลงข้อตัดสิน (critiquing)

6. การสร้างสรรค์ (creating) ประกอบด้วย การจัดกระทำใหม่ (generating) การวางแผน (planning) การสร้างและพัฒนา (producing)

2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบ จำเป็นจะต้องมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละวิชาจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการทดสอบ อนันต์ ศรีโสภา (2525) และสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้สรุปแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ สิ่งแรกที่จะต้องพิจารณา ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) คือ ผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องจัดวางลำดับความสำคัญ

รายการของเนื้อหาทั้งหมดที่จะทดสอบเพื่อช่วยให้การอภิปรายเกี่ยวกับความเที่ยงตรงของเนื้อหาได้สะดวกขึ้น และให้ระบุชนิดและจำนวนข้อของข้อสอบที่ใช้วัดเนื้อหาเหล่านั้น นอกจากนี้ควรระบุเวลาในการทดสอบ การดำเนินการสอบอย่างไร จะให้คะแนนอย่างไร เป็นต้น เมื่อวางแผนเสร็จก็ควรนำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญร่วมพิจารณา เพื่อให้การวางแผนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. การเขียนและเก็บรวบรวมข้อสอบให้มีจำนวนมากๆ การเขียนข้อสอบให้ดีจะให้ความสำคัญกับสิ่งที่เราต้องการวัด ได้แก่ คุณลักษณะที่เหตุเป็นผลกับเนื้อหา คือ ข้อสอบที่ดีควรวัดพฤติกรรมที่สูงกว่าความรู้ความจำ การเขียนข้อสอบให้สามารถวัดความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์หรือการประเมินผลได้ ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้มีทักษะและความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนั้นอย่างแท้จริง และมีความเข้าใจหลักเกณฑ์ในการเขียนข้อสอบอย่างดีด้วย หลังจากสร้างข้อสอบเสร็จจำเป็นจะต้องนำมาพิจารณาตรวจทานก่อนนำไปใช้จริง หากเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญควรนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจทาน โดยดูว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความเหมาะสมเพียงใด ดูระดับความยากง่ายและความชัดเจนในการถาม และหลังจากนั้นควรนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

2.4 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาคุณภาพของเครื่องมือ เป็นความพยายามของผู้สร้างเครื่องมือที่จะหาหลักฐานมายืนยันให้ได้ว่าเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพ บุญศรี พรหมมาพันธ์ และคณะ (2545, น. 34-36) ได้จำแนกการหาคุณภาพของเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การหาคุณภาพของเครื่องมือรายข้อ ดังนี้ที่นำมาใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือเป็นรายข้อ คือ ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก มีวิธีการหาดังนี้

1.1 ค่าความยาก เป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ตอบคำถามถูกต้องกับจำนวนผู้ตอบคำถามทั้งหมด ระดับความยากมีค่าระหว่าง 0.00-1.00 ถ้าค่าความยากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบยาก เพราะผู้สอบส่วนใหญ่ตอบไม่ถูกต้อง แต่ถ้าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบง่าย เพราะผู้สอบส่วนใหญ่ตอบได้ ข้อสอบที่มีระดับความยากเหมาะสม ควรมีค่าระหว่าง 0.20-0.80

1.2 ค่าอำนาจจำแนก เป็นค่าที่บอกความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกผู้สอบที่ได้คะแนนสูงออกจากผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำ

2. การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ ดังนี้ที่นำมาใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ คือ ค่าความตรง และค่าความเที่ยง มีวิธีการหาดังนี้

2.1 ความตรง ในการวิเคราะห์ความตรงของเครื่องมือจะต้องพิจารณาก่อนว่าเป็นความตรงชนิดใด เช่น ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง ความตรงตามสภาพ เป็น

ต้น ซึ่งมีวิธีการหาผู้วิจัยเลือกนำเสนอวิธีการหาเฉพาะความตรงตามเนื้อหาและความตรงตามโครงสร้าง รายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ความตรงตามเนื้อหา การหาส่วนใหญ่จะให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ โดยกำหนดเกณฑ์ไว้ 3 ลักษณะ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง ซึ่งจะต้องกำหนดดัชนีชี้วัดความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ไว้ให้ชัดเจน

2.1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง วิธีการอาจจะให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือใช้วิธีการทางสถิติ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อที่จะดูว่าข้อคำถามเกาะกลุ่มกันตามองค์ประกอบที่ระบุได้ตามทฤษฎีหรือไม่

2.2 ความเที่ยง การหาความเที่ยงของเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลจะแปรผกผันกับค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือมีความเที่ยงสูง แสดงว่าในการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำ ซึ่งหากไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดเลย ความเที่ยงจะมีค่าเท่ากับ 1.00 ในการวัดค่าความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

2.2.1 สัมประสิทธิ์ความคงที่ (Coefficient of stability) ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูล 2 ครั้ง โดยการสอบซ้ำ การเลือกใช้ดัชนีตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูล ถ้าข้อมูลเป็นอันตราย ใช้ค่าสัมพัทธ์เพียงสัน โปรดักโมเมนต์ แต่ถ้าข้อมูลเป็นมาตรเรียงลำดับให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของสเปียร์แมน

2.2.2 สัมประสิทธิ์ความเท่าเทียมกัน (Coefficient of equivalent) ค่าความเที่ยงหาจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบคำถามของเครื่องมือทั้ง 2 ชุด ที่ขนานกัน

2.2.3 สัมประสิทธิ์ความสอดคล้องภายใน (Coefficient of internal consistency) หาได้หลายวิธี ได้แก่ 1) วิธีการแบ่งครึ่งข้อสอบ 2) วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 3) สัมประสิทธิ์แอลฟา โดยวิธีการแบ่งครึ่งข้อสอบและวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันนั้น ใช้ในกรณีที่ผลการตอบข้อคำถามเป็นระบบ 0-1 กล่าวคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน แต่ถ้าการตอบไม่ระบบ 0-1 เช่น เป็นมาตราจัดลำดับ 5 4 3 2 1 เป็นต้น จะใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา

3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติ เป็นความรู้สึกภายในที่เกี่ยวกับการที่จะสร้างนิยมเชิงปฏิบัติการ ดังนั้น การให้ความหมายเกี่ยวกับเจตคติจะเป็นการแสดงมโนคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเท่านั้น และมีผู้ที่ศึกษาเจตคติ

ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับเจตคติไว้หลาย ๆ แห่ง แต่ผู้วิจัยเลือกมาเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับการศึกษา และการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วรรณดี แสงประทีปทอง (2544, น. 8) ได้กล่าวว่า เจตคติเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของบุคคล เกิดขึ้นตามเงื่อนไข 4 ประการ คือ 1) การเรียนรู้ที่ได้จากการเพิ่มพูนและบูรณาการของการตอบสนองแนวความคิดต่าง ๆ เช่น จากครอบครัว โรงเรียน ครู 2) ประสบการณ์ส่วนตัวขึ้นอยู่กับความแตกต่างของบุคคล 3) การเลียนแบบ เจตคติของบางคนเกิดจากการเลียนแบบเจตคติของคนที่ตนพอใจ 4) อิทธิพลของกลุ่มสังคม โดยจะคล้อยตามกลุ่มสังคมที่ตนอาศัยอยู่

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึง ลักษณะด้านความรู้สึกของเจตคติ มีลักษณะสำคัญ 5 ประการ แอนเดอร์สัน (Anderson) อ้างถึงใน สมบูรณ์ ชิตพงศ์ (2552) คือ 1) เป็นลักษณะซึ่งแสดงออกซึ่งอารมณ์และความรู้สึกของบุคคล 2) เป็นลักษณะที่มีความคงที่ เป็นลักษณะหรือแบบแผนเฉพาะบุคคล 3) มีเป้าหมาย หมายถึง ความรู้สึกนั้นมีต่อสิ่งใด เช่น บุคคล วัตถุ การกระทำ เป็นต้น 4) มีทิศทาง หมายถึง ความรู้สึกนั้นเป็นไปในทิศทางที่พึงปรารถนา เช่น พอใจ ไม่พอใจ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย 5) มีความเข้มข้น หมายถึง ความรู้สึกนั้นมีมากน้อยเพียงใด

ธีระพร อุวรรณโณ อ้างถึงใน วรรณดี แสงประทีปทอง (2544, น. 8) ได้เสนอแนวคิด จากการพิจารณาความหมายของเจตคติเป็น 3 กลุ่ม ตามองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. เจตคติมีสามองค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านสติปัญญา ด้านอารมณ์ความรู้สึก และด้านพฤติกรรม นักจิตวิทยาที่สนับสนุน คือ เครทซ์และคณะ (Kretch, Crutchfield and Ballachey) และทริย์แอนดิส (Triandis)

2. เจตคติมีสององค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านสติปัญญา ด้านอารมณ์ความรู้สึก นักจิตวิทยาที่สนับสนุน คือ โรเซนเบิร์ก (Rosenberg) และแคทซ์ (Katz)

3. เจตคติมีองค์ประกอบเดียว คือ อารมณ์ความรู้สึกเท่านั้น

จากการแบ่งศึกษาเจตคติตามที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า เจตคติเป็นเรื่องของอารมณ์ความรู้สึกของบุคคลที่แสดงออกกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นลักษณะเฉพาะของบุคคลซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์และสภาพแวดล้อมของแต่ละคน ดังนั้น ในการวัดเจตคติของบุคคลต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ผู้วัดจะต้องนิยามความหมายของเจตคติให้ชัดเจน เช่น การศึกษาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีผู้นิยามความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้หลายท่านดังต่อไปนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น. 12-13) ได้กล่าวว่า การศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีนั้น จะขึ้นอยู่กับความคิด การกระทำที่เป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวจัดเป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นผู้ที่มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความมีเหตุผล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ขอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านคำอธิบาย มีหลักฐานข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอจนสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2. มีความอยากรู้อยากเห็น นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความอยากรู้อยากเห็น ให้ความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในชีวิตประจำวัน มีความพยายามที่จะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่าน เพื่อให้ได้คำตอบเป็นความรู้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ได้คำตอบที่มีเหตุผลในข้อปัญหาต่าง ๆ และยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

3. ความใจกว้าง นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น โดยไม่ยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว ขอมรับการเปลี่ยนแปลง ขอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง เต็มใจที่จะรับรู้ความคิดใหม่ ๆ และเผยแพร่ความรู้และความคิดเห็นแก่คนอื่น ตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ตนเองค้นพบ

4. ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ สังเกตและบันทึกผลต่างๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรืออคติ มีความละเอียด มั่นคง หนักแน่น ต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์ที่ถูกต้อง เห็นคุณค่าของการนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง เช่น การตีความหมายผลงานต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อมูลและข้อเท็จจริงที่น่าเสนอ ไม่นำสภาพทางสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองมาเกี่ยวข้องกับการตีความหมาย ไม่ยอมให้ความชอบหรือความไม่ชอบส่วนตัวมาอิทธิพลเหนือการตัดสินใจใดๆ

5. ความเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความเพียรพยายามไม่ท้อถอย เมื่อมีอุปสรรคหรือมีความล้มเหลวในการทำการทดลอง มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการแสวงหาความรู้ เมื่อได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องก็จะได้ทราบว่าวิธีเดิมใช้ไม่ได้และหาแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นก็จะถูกบันทึกไว้

6. การพิจารณารอบคอบก่อนตัดสินใจ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้ที่เห็นคุณค่าของความมีระเบียบ รอบคอบ และยอมรับประโยชน์ของการวางแผนการทำงานและการจัดระบบการทำงาน นำวิธีการหลายๆ วิธีมาตรวจสอบผลการทดลองหรือวิธีการทดลอง ใช้วิจารณญาณก่อนที่จะ

ตัดสินใจใดๆ มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน และมีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและการสรุปที่รวดเร็วเกินไป

สุพรรณิ พรพุทธิชัย (2551, นง 73) ได้สรุปความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากผู้ที่มีความหมายเกี่ยวกับเจตคติหลายๆ ท่าน จึงสรุปได้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิด การกระทำ ความรู้สึกนึกคิดและการตัดสินใจในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถรวบรวมความหมายโดยรวมสรุปได้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะหรือบุคลิกภาพ พฤติกรรม วิธีการคิดของบุคคลที่แสดงออกเมื่อปฏิบัติกิจกรรมหรือการศึกษาเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเพียรพยายามของครูผู้สอน เพื่อให้บุคคลมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ ความมีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ความเพียรพยายาม และการพิจารณารอบคอบก่อนตัดสินใจ

3.2 การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

อัลเลน แอล เอ็ดเวิร์ด (Aenll L. Edwards 1957) (อ้างถึงใน สุพรรณิ พรพุทธิชัย, 2551) ได้กล่าวถึงรูปแบบการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การวัดเจตคติโดยการสัมภาษณ์หรือซักถามโดยตรง ข้อดีคือ ผู้ถามจะทราบความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้ที่ตอบที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แต่มีข้อเสีย คือผู้ถามอาจจะไม่ได้รับคำตอบที่จริงใจจากผู้ตอบ เพราะผู้ตอบอาจจะตอบบิดเบือนจากความจริง เนื่องจากอาจจะเกิดความเกรงกลัวต่อการแสดงความคิดเห็น วิธีแก้ไขคือ ผู้สัมภาษณ์ต้องสร้างบรรยากาศให้ผู้ตอบรู้สึกเป็นอิสระและให้แน่ใจว่าคำตอบของเขาจะเป็นความลับ

2. การวัดเจตคติโดยการสังเกตพฤติกรรม เมื่อต้องการทราบว่าใครมีความคิดหรือความรู้สึกต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ให้สังเกตพฤติกรรมของเขาต่อสิ่งนั้น แต่มีข้อจำกัดคือ ในกรณีที่ทำการวิจัยมากๆ จะไม่สามารถสังเกตพฤติกรรมได้ครบทุกคน นอกจากนี้เจตคติเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อบุคคล ในการที่จะตัดสินใจที่จะแสดงพฤติกรรมอะไร ดังนั้นเราจะคาดหวังพฤติกรรมของบุคคลโดยพิจารณาจากเจตคติอย่างเดียวไม่ได้ ในทำนองเดียวกันก็จะนำเอาพฤติกรรมที่เขาแสดงออกมาตัดสินด้วยว่าเขามีเจตคติอย่างไรก็ไม่ได้เช่นกัน

3. การวัดเจตคติโดยการสร้างข้อความที่เป็นข้อคิดเห็นต่อสิ่งเร้าที่เราต้องการวัดเจตคติเป็นเครื่องเร้าให้คนเราต้องการให้เขาแสดงเจตคติต่อสิ่งนั้น ตอบในเชิงเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้นๆ ในการวัดเจตคติวิธีนี้จะออกมาในรูปของแบบวัดเจตคติหรือเครื่องมือวัดเจตคติซึ่งเหมาะจะใช้ในการด้านการศึกษา งานอุตสาหกรรมและงานวิจัย เพราะสะดวกและรวดเร็วต่อการที่จะต้องการทราบค่ามัชฌิมเลขคณิตของเจตคติต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งของบุคคลกลุ่มใหญ่

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2551) ได้กล่าวถึง การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่า สิ่งที่ต้องพิจารณาในการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. เนื้อหา (Content) หรือสิ่งเร้า เป็นสิ่งที่ต้องทำความเข้าใจเป็นอันดับแรกในการวัดเจตคติ สิ่งเร้าที่จะใช้ไปกระตุ้นให้แสดงกริยาทำที่ออกมา นั้นจะต้องมีโครงสร้างกำหนดแน่นอน เป็นตัวแทนของเจตคติที่ต้องการวัด

2. ทิศทาง (Direction) การวัดเจตคติโดยทั่วไปกำหนดให้เจตคติมีทิศทางเป็นเส้นตรง และต่อเนื่องในลักษณะเป็นซ้าย-ขวา หรือบวกกับลบ กล่าวคือ จะมีกริยาทำที่ที่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และลดความเห็นด้วยลงเรื่อยๆ จนถึงมีความรู้สึกเฉยๆ และลดต่อไปไม่เห็นด้วย และเพิ่มความไม่เห็นด้วยขึ้นเรื่อยๆ จนไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ลักษณะการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยนี้ถือว่าเป็นเส้นตรงเดียวกันและต่อเนื่องกัน

3. ความเข้ม (Intensity) เป็นกริยาทำที่หรือความรู้สึกที่แสดงออกมาต่อสิ่งเร้านั้น ถือว่ามีปริมาณมากน้อยต่างกัน ถ้าความเข้มสูงไม่ว่าจะไปในทิศทางใดก็ตามจะมีความรู้สึกหรือกริยาที่รุนแรงกว่าที่มีความเข้มที่เป็นกลาง

สรุปได้ว่าการสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสังเกตพฤติกรรม การสร้างสิ่งเร้า เพื่อให้ผู้รับการวัดหรือการประเมินแสดงพฤติกรรมเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ ออกมา

3.3 การสร้างเครื่องมือวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2551) ได้กล่าวถึง รูปแบบการวัดเจตคติว่ามีหลายวิธี แต่การวัดเจตคติทางด้านการศึกษา จะนิยมวัดโดยการสร้างข้อความที่เป็นข้อคิดเห็นต่อสิ่งเร้าที่เราต้องการวัดเจตคติ เป็นเครื่องเร้าให้แสดงเจตคติต่อสิ่งนั้น โดยการตอบในเชิงเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้นๆ โดยสรุปมีหลักการสร้างข้อความที่เป็นเครื่องเร้าเจตคติไว้ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลที่ต้องการวัดโดยหลีกเลี่ยงข้อความที่เป็นจริง ข้อความที่มีความกำกวมหรือมีความหมายเป็นสองนัย

2. ตรวจสอบข้อความที่รวบรวมได้ เพื่อดูความเหมาะสมและรัดกุมของข้อความ

3. นำไปทดลองใช้โดยกำหนดน้ำหนักในการตอบตัวเลือกต่างๆ แต่ละข้อความที่นิยม คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยใช้คะแนน 5, 4, 3, 2 หรือ 1 คะแนน ในกรณีที่เป็นบวก และจะให้คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนน ในกรณีที่มีเจตคติทางลบ

กัญญา ลินทรต้นศิริกุล (2555) ได้กล่าวถึงแนวทางการสร้างมาตรวัดเจตคติแบบลิเกิร์ตไว้ ข้อมูลที่สำคัญมีดังนี้

1. ควรเขียนข้อความที่เป็นปัจจุบันมากกว่าอดีต
2. ควรเขียนข้อความที่ชัดเจน ใช้ภาษาง่ายๆ และใช้ประโยคธรรมดามากกว่าประโยคความที่ซับซ้อน
3. หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความที่เป็นข้อเท็จจริงหรือข้อความที่สามารถแปลความหมายเป็นข้อเท็จจริงได้
4. หลีกเลี่ยงการใช้คำที่มีลักษณะคลุมเครือ เช่น เสมอ ๆ ทั้งหมด ไม่เคยเลยหรือไม่ เป็นต้น
5. ควรจำกัดการใช้คำว่า “เท่านั้น” ให้น้อยที่สุด
6. ข้อความที่เขียนควรสั้น ใช้คำไม่ควรเกิน 20 คำ
7. หลีกเลี่ยงข้อความที่มีลักษณะกำกวม และสามารถแปลความหมายได้หลายอย่าง
8. หลีกเลี่ยงข้อความที่มีการเน้นคำตอบ
9. ข้อความแต่ละข้อความควรถามประเด็นเดียว
10. หลีกเลี่ยงข้อความที่จะทำให้ผู้ตอบตอบปฏิเสธ
11. ควรมีข้อความที่เป็นทางบวกและลบเท่า ๆ กัน
12. ควรกระจายข้อความที่เป็นทางบวกและลบโดยสุ่ม
13. ข้อคำถามที่มีลักษณะไวต่อความรู้สึก ควรอยู่ตรงกลาง ๆ ของข้อคำถามอื่นๆ และควรกระจายอยู่ระหว่างข้อคำถามที่ไวต่อความรู้สึกกับข้อคำถามที่ไม่ไวต่อความรู้สึก
14. ควรใช้มาตรการวัดประมาณ 3-7 ระดับ
15. ไม่ควรใช้คำตอบในมาตราประเมินค่า โดยจำกัดเฉพาะเห็นด้วย-ไม่เห็นด้วย แต่ควรขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่วัด เช่น การวัดคุณค่าของหลักสูตร มาตราที่ใช้วัดควรเป็นมีคุณค่า-ไม่มีคุณค่า หรือในการวัดเกี่ยวกับความรู้สึก มาตราที่ใช้ควรเป็น ชอบ-ไม่ชอบ เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างข้อความที่ใช้วัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ข้อความ	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1. การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ น่าสนใจ					
2. การทดลองในห้องทดลอง วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย					
3. การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ สนุกสนาน					
4. การจัดกิจกรรมในห้องวิทยาศาสตร์ดี					

ที่มา: กัญญา ลินทรต้นศิริกุล (2555, น. 9-15)

การสร้างแบบวัดเจตคติผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการสร้างแบบวัดเจตคติ ได้
ดังต่อไปนี้

1. เลือกเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด
2. กำหนดเหตุการณ์เพื่อเฝ้าการแสดงเจตคติของผู้เรียนให้อ่านหรือศึกษา
เหตุการณ์ แล้วสร้างข้อความเพื่อเฝ้าให้ผู้เรียนแสดงความรู้สึกในหัวที่ต้องการวัด โดยให้ผู้เรียน
แสดงระดับความคิดเห็นของตนเองต่อข้อความนั้น โดยใช้มาตราวัดเจตคติแบบ 5 ระดับของลิเคิร์ต
(Licert Scale) กำหนดเหตุการณ์ให้หลากหลายเพื่อวัดซ้ำหลาย ๆ รอบ
3. นำเหตุการณ์และข้อความที่สร้างขึ้นมาจัดทำเป็นแบบวัดเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงของแบบวัด ตรวจสอบความตรงของเครื่องมือโดย
การหาค่า IOC
4. นำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว มาแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อน
นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เครื่องมือวัดมีความถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้แตกต่างกัน ผู้วิจัยสามารถค้นคว้ามาเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาได้ดังนี้

อนันต์ จันทรกี (2523, น. 3-10) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์สามารถค้นคว้าทดลอง และแสวงหาคำตอบหลายๆ วิธี ซึ่งคุณลักษณะอันนี้ได้จากการสังเกตพฤติกรรมตรวจรายงาน หรือโครงการวิทยาศาสตร์ หรือคะแนนจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2544) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดและการกระทำในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์อันจะก่อให้เกิดผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งเป็นนามธรรม หรือรูปธรรม โดยเน้นถึงประโยชน์และคุณค่าต่อสังคมและส่งผลผลักดันให้โลกเจริญไปข้างหน้ายิ่งขึ้น ไป องค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการคิดแบบอนกนัยนั้น จำแนกได้ 4 ลักษณะตามแนวของกิลฟอร์ด คือ

1. ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Fluency)
2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Flexibility)
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Originality)
4. ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration)

กรมวิชาการ (2544) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองมาใช้แก้ปัญหาในลักษณะหลายแนวทางต่อการเรียนรู้ การแก้ปัญหา การค้นพบความรู้ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์ การทดลองที่แปลกใหม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติแล้วเผยแพร่ให้ผู้อื่นรู้ ตลอดจนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้ผลผลิตใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

พิลท์ และซันด์ (Piltz and Sund, 1974) (อ้างถึงในกิตติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550) ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า มีความหมายเช่นเดียวกับความคิด

สร้างสรรค์แต่แตกต่างข้อปลีกย่อย คือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของความคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้แก้ปัญหา รวมทั้งค้นหาวิธีแก้ปัญหา โดยบุคคลนั้นต้องทราบถึงหลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะเน้นถึงผลผลิตที่มีคุณค่า ซึ่งมีส่วนผลักดันให้โลกเจริญไปข้างหน้าอย่างไม่หยุดยั้งอีกด้วย

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่จะทำให้เกิดการคิดแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง และการแก้ปัญหานั้นจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยใช้กระบวนการคิดตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทำตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถทำให้ได้ผลผลิตที่แปลกใหม่มีคุณภาพและได้มาตรฐานความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปความหมายใกล้เคียง ความคิดสร้างสรรค์ในส่วนที่เป็นกระบวนการคิด และเป็นการกระทำที่ให้เกิดผลผลิตต่างๆ แต่จะมีลักษณะพิเศษตรงที่ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหา และการค้นหาความรู้ใหม่ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่าสอดคล้องกับความหมายของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวความรู้ (Body of Knowledge) และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of Scientific Inquiry)

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 21) ได้ศึกษาประเภทของความคิดสร้างสรรค์หลายๆ ทักษะแล้วสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์แบ่งออกได้ 4 ประเภท ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการเปลี่ยนแปลง (Innovation) คือ แนวคิดที่เป็น การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ขึ้น เช่น ทฤษฎีใหม่ การประดิษฐ์ใหม่ เป็นต้น เป็นการคิดโดยภาพรวมมากกว่าการแยกเป็นส่วนย่อย บางครั้ง เรียกว่า นวัตกรรม ที่เป็นการนำเอาสิ่งประดิษฐ์ใหม่มาใช้ เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้ e-learning การใช้นาโนเทคโนโลยี เป็นต้น

2. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การผสมผสานแนวคิดจากแหล่งต่างๆ เข้าด้วยกันแล้วก่อให้เกิดแนวคิดใหม่อันมีคุณค่า เช่น การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหายาจราจร หรือการใช้หลักจิตคณิตและหลักทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานเป็นคอมพิวเตอร์

3. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทต่อเนื่อง (Extension) คือ เป็นการผสมผสานกันระหว่างความคิดสร้างสรรค์ประเภทการเปลี่ยนแปลงกับความคิดสร้างสรรค์ประเภทสังเคราะห์ คือ เป็นโครงสร้างหรือกรอบที่ได้กำหนดไว้กว้างๆ แต่ความต่อเนื่องเป็นรายละเอียดที่จำเป็นในการปฏิบัติงานนั้น เช่น การสร้างรถยนต์ หุ่นยนต์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการลอกเลียน (Duplication) เป็นลักษณะการจำลองหรือลอกเลียนแบบจากความสำเร็จอื่นๆ โดยอาจจะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้แปลกใหม่จากเดิมเพียงเล็กน้อยแต่ส่วนใหญ่ยังคงแบบเดิมๆ อยู่ เช่น การแต่งกาย บทเพลง ภาพยนตร์ เป็นต้น

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ (2555, น. 64-67) ได้ศึกษาความหมายของความคิดสร้างสรรค์ จากนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่าน และสรุปไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่แสดงความคิดหลายทิศทาง หลายแง่มุม คิดได้กว้างไกล โดยนำประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อเป็นพื้นฐานที่ให้เกิดความคิดใหม่ อันนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่างๆ ที่แปลกใหม่ ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์สอดคล้องกับอนันต์ จัทรวี (2523) อ้างถึงใน นวลจิตต์ เชาวศิริพิงส์ และประจวบจิตร คำจัตุรัส, 2557, น. 9-35) รายละเอียดขององค์ประกอบดังนี้

5. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับความคิดของคนอื่นและแตกต่างจากธรรมดา อาจเกิดความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วมาดัดแปลงประยุกต์เป็นสิ่งใหม่ และความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

6. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความคล่องตัวในการคิดตอบสนองสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือความสามารถในการคิดหาคำตอบได้รวดเร็วและได้ปริมาณมาในเวลาที่กำหนด โดยเน้นปริมาณของความคิด ความคิดคล่องแคล่วแบ่งได้เป็น 1) ความคิดคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำเป็นไปอย่างคล่องแคล่ว 2) ความคิดคล่องแคล่วด้านการโยงความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการคิดถ้อยคำที่เหมือนหรือคล้ายกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในเวลาที่มีจำกัด 3) ความคิดคล่องแคล่วด้านการแสดงออก เป็นความสามารถในการใช้ลีหรือประโยค สามารถนำคำหรือวลีมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ 4) ความคิดคล่องแคล่วในการคิด เป็นความต้องการในการคิดสิ่งที่ต้องการในเวลาที่กำหนด

7. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง ความคิดยืดหยุ่นเป็นการยืดหยุ่นทั้งความคิดและการกระทำ เป็นความสามารถในการปรับสภาพของความคิดในสถานการณ์ต่างๆ ได้ แบ่งออกเป็น

1) ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดได้ทันที เป็นความสามารถที่พยายามคิดให้ได้หลายอย่าง อย่างอิสระ สามารถคิดได้หลายประเภท หลายอย่าง สามารถคิดได้หลายประเภท หลายอย่าง 2) ความคิดยืดหยุ่นด้านการคิดแปลง หมายถึง ความสามารถในการคิดแปลง ความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน มีประโยชน์ในการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดคิดแปลงไม่ซ้ำกัน

8. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียด เพื่อขยายความคิดหลัก หรือความคิดแรกให้มีความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลผลิตที่เป็นสิ่งที่แสดงออกถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนา มีประโยชน์ มีคุณค่า ซึ่งต้องใช้ความสามารถในการความคิดริเริ่ม ความคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

มีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ

1. ความคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบของปัญหาได้มากในเวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถที่จะคิดหาคำตอบของปัญหาได้หลากหลายในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบของปัญหาที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่
4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ลักษณะของความพยายามในการใช้ความคิดและการประสานการคิดแบบต่างๆ เพื่อให้สิ่งที่คิดเกิดขึ้นได้จริง

4.2 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การหาเกณฑ์การให้คะแนนมีความสำคัญต่อการประเมินมาก ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์ (2539 : 258 - 259) ได้กล่าวถึงวิธีดำเนินการหาเกณฑ์ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. การหาเกณฑ์การให้คะแนนความคล่องของการคิด มีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

1.1 พิจารณาคำตอบที่เป็นตามเงื่อนไขของข้อทดสอบถือว่าคำตอบที่เป็นไปได้

1.2 ให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้ คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่

2. การหาเกณฑ์การให้คะแนนความยืดหยุ่นของการคิด มีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

2.1 จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามแนววิธีคิดที่แตกต่างกัน

2.2 ให้คะแนนคำตอบกลุ่มละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบผู้อื่นหรือไม่

3. การหาเกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่ม มีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

3.1 บันทึกคำตอบแต่ละข้อของนักเรียน

3.2 หาความถี่ของคำตอบแต่ละคำตอบ

3.3 กำหนดคะแนนให้ในแต่ละช่วงความถี่ ให้ครอบคลุมความถี่ทั้งหมด

4. การหาเกณฑ์การให้คะแนนความคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยมีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ให้นักเรียนอธิบายคำตอบใดคำตอบหนึ่ง จากความคิดริเริ่มอย่างละเอียดตามเวลาที่กำหนด แล้วกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามความละเอียดของคำตอบที่นักเรียนตอบ

5. คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะได้จากผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4 ข้อ

ทอแรนซ์(Torrance, 1962) อ้างถึงในบุญรัตน์ จันทร (2557) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์โดยให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้น ซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนน ขึ้นไป จะได้ 4 คะแนน ระดับ ดีมาก

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 คะแนน จะได้ 3 คะแนน ระดับดี

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 คะแนน จะได้ 2 คะแนน ระดับ

ปานกลาง

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ ระหว่าง 1 - 3 คะแนน จะได้ 1 คะแนน ระดับ

ควรปรับปรุง

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่มคำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม จะได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม จะได้ 3 คะแนน ระดับดี

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม จะได้ 2 คะแนน ระดับปานกลาง

จัดกลุ่มของคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม จะได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้อง กับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน จะได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2 - 3 คน จะได้ 3 คะแนน ระดับดี

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4 - 6 คน จะได้ 2 คะแนน ระดับปานกลาง

คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7-9 คน จะได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

สรุปได้ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างเครื่องมือวัดได้หลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ดังนั้น เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องสร้างเกณฑ์การประเมินที่มีความชัดเจนทุกข้อคำถาม

4.3 การสร้างเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ในการสร้างเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้หลักจิตวิทยาการเรียนรู้มาเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ ซึ่งมีหลักการสำคัญ สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2555, น. 69-70) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบฝึกความคิดสร้างสรรค์ รายละเอียดดังนี้

1. หลักการสร้างแบบฝึกความคิดสร้างสรรค์ อาศัยหลักทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐาน ซึ่งได้แก่ ทฤษฎีสิ่งเร้า ทฤษฎีการตอบสนอง ทฤษฎีแรงจูงใจ เพราะมีส่วนในการแสดงพฤติกรรมของบุคคล ดังนั้น ในการสร้างแบบฝึกควรมีหลักการ คือ 1) สร้างหลายๆ แบบ หลากๆ กิจกรรม 2) ต้องไม่ยากหรือง่ายเกินไป 3) เน้นการใช้สติปัญญามากกว่าการใช้ความรู้ความจำ 4) ใช้แบบฝึกง่ายๆ เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย

2. ลักษณะของแบบฝึกที่ดี จะต้องมียุทธศาสตร์ดังนี้ 1) มีคำชี้แจงสั้น ๆ เข้าใจง่าย 2) เกี่ยวข้องกับบทเรียนหรือเรียนรู้มาแล้ว 3) ใช้เวลาไม่มากหรือน้อยเกินไป 4) ปลุกเร้าความสนใจ และ 5) สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3. กิจกรรมที่ช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ กิจกรรมด้านศิลปะ กิจกรรมด้านภาษา

การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีรูปแบบการทดสอบหลายรูปแบบ ซึ่งควรกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบอย่างเหมาะสม ซึ่งสุคนธ์สินทรานนท์ และคณะ. (2555, น. 98-103) ได้เสนอ แบบทดสอบแต่ละรูปแบบมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. การตั้งคำถาม การทดสอบแบบการตั้งคำถามนี้ เป็นการฝึกให้นักเรียนให้คิดหาคำถามให้มากที่สุดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้แปลก ๆ ใหม่ ๆ หลายแง่มุม และได้คำตอบไม่ซ้ำหรืออาจจะนำภาพมาให้นักเรียนคิดหาคำตอบจากภาพก็ได้ เช่น ทำไมชายชราถึงถูกทิ้ง ทำไมชายชราถึงยากจน ใครเป็นผู้ดูแลคนชรา เป็นต้น

2. แบบการเดาสาเหตุ แบบทดสอบแบบนี้จะให้อ่านข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วคิดทำนาย หรือคาดคะเนถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น โดยพยายามคิดให้ได้มากที่สุดในแต่ละมุมต่างๆ ไม่ให้ซ้ำคนอื่น เช่น

สถานการณ์: การส่งออกสินค้าการเกษตรของไทยในปีนี้ต่ำกว่าปีที่แล้ว มีมูลค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน สาเหตุเนื่องมาจาก ฝนแล้งทำให้ผลผลิตตกต่ำ ราคาผลผลิตตกต่ำลง ต่างประเทศไม่นิยมซื้อสินค้าการเกษตรของไทย คุณภาพของสินค้าการเกษตรตกต่ำ การบรรจุหีบห่อไม่ดี เป็นต้น

3. แบบการเดาผลที่จะเกิดตามมา แบบทดสอบนี้จะให้อ่านข้อความที่กำหนดให้แล้วให้นักเรียนทำนายหรือคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นตามมาให้มากที่สุด ซึ่งจะได้คำตอบหลายแง่มุม

4. แบบการแก้ปัญหา แบบทดสอบการแก้ปัญหามีลักษณะให้หาวิธีการหรือแนวทางการแก้ปัญหาให้หลายแนวทางมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5. แบบการสมมติอย่างมีเหตุผล แบบทดสอบแบบการสมมติอย่างมีเหตุผล เป็นการให้นักเรียนอ่านข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนด และพิจารณาว่าถ้านักเรียนเป็นบุคคลในสถานการณ์ดังกล่าวควรจะทำอย่างไร ให้เขียนคำตอบแปลก ๆ ในหลาย ๆ แง่มุม

6. แบบการใช้ประโยชน์ ลักษณะของแบบทดสอบแบบนี้จะให้นักเรียนคิดประโยชน์จากสิ่งต่างๆ ในภาพ ซึ่งเป็นวิธีแปลกๆ ใหม่ ๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะคิดได้

อนันต์ จัทรรักษ์ (อ้างถึงใน นวลจิตต์ เชาวศิริพิงศ์ และประจวบจิตร คำจตุรัส, 2557) ได้กล่าวว่า สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้จากการสังเกตพฤติกรรม การตรวจรายงาน หรือผลงานจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์หรือการตอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคล่องแคล่วในการคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบในทางวิทยาศาสตร์ได้มากในเวลาที่กำหนด

2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่จะคิดหาคำตอบในทางวิทยาศาสตร์ได้หลายแนวทาง

3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ลักษณะของความพยายามในการใช้ความคิดและการประสานการคิดแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดความสำเร็จ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงมาจาก ทศนีย์ พุกษลธาร (2518) ซึ่งมีวิธีการสร้างแบบทดสอบ 7 ขั้น มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

1. สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 ฉบับ ฉบับละ 4 ข้อ โดยอาศัยแนวทางจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์

2. นำไปทดลองสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 3

3. หาอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แล้วเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนกสูงที่ระดับความเชื่อมั่น .05 ไว้ 3 ข้อ เพื่อปรับปรุงเป็นข้อสอบต่อไป แต่ในการสร้างแบบทดสอบครั้งนี้ ผู้วิจัยให้เพียงอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาเท่านั้น

4. นำแบบที่ผ่านการแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ตรวจสอบคุณภาพ เพื่อหาค่า IOC

5. นำไปทดลองสอบ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในเรื่องของเวลาและความตรงเชิงเนื้อหาเท่านั้น

6. นำแบบทดสอบที่ผ่านการทดลองสอบไปปรับปรุงแก้ไข แล้วก็นำมาทดลองสอบอีกครั้ง โดยให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาเรียนโครงการวิทยาศาสตร์แล้ว จำนวน 25 คน เพื่อดูความเหมาะสมของภาษาอีกครั้ง

7. แก้ไขแบบทดสอบให้มีความรัดกุมยิ่งขึ้น ก่อนนำไปทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

สรุปได้ว่าในการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีการสร้างได้หลายรูปแบบ เช่น การตั้งคำถาม การเดาสาเหตุ การหาสาเหตุของปัญหา เป็นต้น สิ่งสำคัญคือ กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด กำหนดเวลาให้ชัดเจน และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน (2550) ได้วิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากผลการวิจัยทำให้สรุปได้ว่า การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์แบบใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้สูงขึ้น

ชายูที อับดุลราฮิม (2556) ผลการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบซิปปา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มโรงเรียนไผ่ศรีทอง จังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบซิปปากับการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีจัดการเรียนรู้แบบซิปปาสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่การจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีจัดการเรียนรู้แบบซิปปาสูงกว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่การจัดการเรียนรู้แบบปกติ และความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จินตนา รุ่งเรือง (2556) ผลการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนหลังใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 83.05 สูงกว่าคะแนนตามเกณฑ์ประเมินที่กำหนดได้ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงาน

วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากผลการวิจัยทำให้สรุปได้ว่าการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

บุญรัตน์ จันทร (2557) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือวิจัยคือ ใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาความถี่และค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ให้อยู่ในระดับดีและดีมากเพิ่มขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ ตามที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยจากการวิจัย พบว่า ในการวัดและประเมินผลนั้นจะเน้นการประเมินตามสภาพจริง มีการประเมินผลระหว่างเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโครงงานสูงขึ้น และในขั้นตอนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด มีความรู้ความเข้าใจเรื่องที่ทำโครงงานอย่างลึกซึ้ง ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้เจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นด้วย

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

แครจซิก และ บลูเมนเฟลด์ (Krajcik and Blumenfeld, 2006) ศึกษาการใช้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยโครงงานเป็นฐานของครูในโรงเรียนเขตเมือง ครูสอนแบบชี้นำนักเรียนให้ปฏิบัติตาม เนื่องจากมีความต้องการให้นักเรียนปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนของครูนักเรียนจึงไม่ได้ใช้ทักษะของตัวเองเท่าที่ควร

เออเดม (Erdem, 2012) ศึกษาผลของแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานต่อเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีและความวิตกกังวลในการสอนของนักเรียน โดยใช้

แบบสอบถามกับครูเคมี พบว่า ครูเป็นผู้กำหนดประเด็นในการทำโครงงานให้กับนักเรียน และคอยช่วยเหลือในขั้นตอนการดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยของต่างประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยโครงงาน สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยโครงงานครูจะมีบทบาทในการชี้นำนักเรียนในการทำโครงงานเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานครูผู้สอนจึงต้องจัดออกแบบแผนจัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนและวัตถุประสงค์การเรียนรู้เป็นสำคัญ

