หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง "การสร้างสมการทำนายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์" นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวเหล่านี้ จากหนังสือ และวารสารต่าง ๆ ดังจะนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าตามลำดับ ดังนี้

1. ลักษณะของวิทยาศาสตร์
2. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะของวิทยาศาสตร์

รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อย่อยตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของลักษณะของวิทยาศาสตร์
2. ความรู้วิทยาศาสตร์
3. ประเภทของความรู้วิทยาศาสตร์
4. สาขาของวิทยาศาสตร์
5. การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของลักษณะของวิทยาศาสตร์

บรรดานักปราชญ์ นักวิทยาศาสตร์ หมอสอนศาสนา ตลอดจนผู้สนใจทางวิทยาศาสตร์ได้ใช้เวลาเป็นศตวรรษเพื่อหาคำอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ แต่ละท่านได้ให้คำอธิบายและเหตุผลที่มีลักษณะแตกต่างกันไปตามความสนใจเฉพาะของตน (Their 1973: 2) ซึ่งสรุปทัศนะและแนวความคิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

วิทย์ วิศทเวทย์ (2520: 116 - 118) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ไว้ ซึ่งสรุปความได้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ได้จากประสบการณ์และทดสอบด้วยประสบการณ์ วิทยาศาสตร์ใช้ประสาทสัมผัสสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แล้วตั้งสมมติฐานอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น สังเกตปรากฏการณ์ประเภทเดียวกันเพื่อทดสอบสมมติฐาน และเมื่อได้รับการยืนยันก็ตั้งเป็นกฎ ทั้งหมดนี้มีประสบการณ์เป็นหัวใจ ประสบการณ์ในที่นี้หมายถึง ประสาทสัมผัสทั้ง 5

2. วิทยาศาสตร์เป็นสาธารณะ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการค้นพบจะต้องแสดงหรือทดลองให้ทุกคนเห็นได้เหมือนกัน ผู้ที่อยู่ในสภาพพร้อม สามารถจะรับรู้หรือเห็นอย่างเดียวกับผู้ที่ค้นพบได้

3. วิทยาศาสตร์ต้องมีลักษณะสากล วิทยาศาสตร์พยายามที่จะขยายความรู้ให้เป็นสากลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ความรู้ที่เกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดโดยเฉพาะเจาะจง ไม่มีความหมายอะไร เป็นแต่เพียงข้อมูลเท่านั้น

4. วิทยาศาสตร์ต้องช่วยในการคาดหมายอนาคต ความเป็นสากลหรือลักษณะที่ใช้ได้ทั่ว ๆ ไปของวิทยาศาสตร์ ทำให้เราคาดหมายสิ่งที่จะเกิดในอนาคตได้ ความเป็นวิทยาศาสตร์ของความรู้ใดก็ตามจะมากหรือน้อยขึ้นกับเงื่อนไขและสภาพที่ปรากฏในปัจจุบัน เราทำนายได้แม่นยำเพียงใดว่า สิ่งใดสิ่งหนึ่งจะกลายสภาพเป็นอะไรในอนาคต หรืออยู่ตรงที่ว่า เราจะบอกได้แม่นยำเพียงใดว่าถ้าเราต้องการให้อะไรอย่างหนึ่งเกิดขึ้นจะต้องสร้างเงื่อนไขอะไรให้แก่มัน

ธีระชัย ปูรณโชติ (2517: 43) กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์มีลักษณะของความน่าจะเป็นไปได้ไม่ใช่ความแน่นอนคงที่เสมอไป (Certainly)"

สุจิต บุญปก (2519: 27) เสนอแนวความคิดคล้ายกับ ธีระชัย ปูรณโชติ ว่า

> คำอธิบายหรือกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่สิ่งที่คงที่ตายตัวหรือเป็นจริงอยู่เช่นนั้นตลอดไป อาจเปลี่ยนแปลงได้ เราถือว่าเป็นจริงอยู่ในขณะหนึ่งขณะใด เนื่องจากมีประจักษ์พยานเท่าที่ค้นพบหรือหาได้ในขณะนั้นสนับสนุนอยู่ แต่ถ้าหากเมื่อใดมีการทดลองพบหลักฐานใหม่ ๆ ซึ่งคัดค้านของเก่าและมีเหตุผลดีกว่า ทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์นั้น ๆ จะต้องเปลี่ยนไป

เฮอร์เบิรท ดี แธ (Their 1973: 2-3) แสดงทัศนะและแนวความคิดเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

1. ลักษณะของวิทยาศาสตร์จะไม่หยุดนิ่ง ลักษณะนี้จะแสดงออกได้โดยเข้าใกล้ประวัติความเป็นมา หรือเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ในวิชาชีพโดยตรง

2. วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยจบสิ้น เป็นการสร้างโครงร่างของความคิดใหม่ ๆ ที่ต่อเนื่องกันไปโดยผ่านการทดลองและการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม

เจอร์รัลด์ เอส เครก (Craig 1966: 48) ให้ความเห็นไว้คล้ายคลึงกับ แธ คือ

1. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหรือขอบเขตที่มีการเคลื่อนที่ นักวิทยาศาสตร์มีความต้องการอยู่เสมอที่จะทำการสังเกตสิ่งใหม่ ๆ ทำการทดลองซ้ำ ๆ เพื่อพิจารณาข้อเท็จจริงใหม่ ๆ และทำการคัดค้านข้อสรุปในระยะต้น ๆ

2. วิทยาศาสตร์ยังห่างไกลจากเรื่องราวที่จะสำเร็จเสร็จสิ้นไปได้ ขอบเขตของวิทยาศาสตร์ทั้งหมดจะเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาที่ต่อเนื่องกันไป ความรู้ใหม่จะได้รับการเพิ่มเติม ความรู้เก่าจะได้รับการตรวจทาน ความรู้ต่าง ๆ มีการพัฒนาอยู่เสมอ จากการสืบเสาะหาความรู้ เครื่องมือใหม่ ๆ จะช่วยขยายขอบเขตในการสังเกต และประสบการณ์ของมนุษย์ไปสู่ขอบเขตการศึกษาใหม่ ๆ

จอหน์ ดับลิว เรนเนอร์ (Renner 1972: 3-4) แบ่งแยกลักษณะของวิทยาศาสตร์เป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นแหล่งของคำอธิบายต่าง ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ในธรรมชาติที่ไม่หยุดนิ่ง ซึ่งได้รับการสนับสนุนและยอมรับโดยทั่ว ๆ ไปในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นคำอธิบายหรือรูปจำลองที่มีเหตุผลมากที่สุดหรือดีที่สุดเกี่ยวกับธรรมชาติ ส่วนอีกด้านหนึ่ง วิทยาศาสตร์เป็นการทดสอบแก้ไข และสำรวจ รูปจำลอง หรือคำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติที่ได้รับการยอมรับโดยทั่ว ๆ ไป หรือเป็นการค้นคว้าหารูปจำลองรวมทั้งคำอธิบายใหม่ ๆ

สุนันท์ สังข์อ่อง (2524: 272-273) สรุปลักษณะของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงจุดมุ่งหมายพื้นฐานอย่างหนึ่งของวิทยาศาสตร์ แต่เพียงการรวบรวมข้อมูลอย่างเดียวไม่อาจเรียกได้ว่าเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยความคิดและเหตุผลอื่น ๆ ประกอบด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้จากการทดลอง สังเกต และกระทำอย่างจงใจมีจุดหมายเพื่อมุ่งหาความจริง

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงบางอย่างเท่านั้นที่อธิบายได้อย่างแจ่มชัดแน่นอน ยังมีอีกหลายสิ่งหลายอย่างที่ไม่อาจอธิบายได้แน่นอน และความจริงบางอย่างอาจอธิบายได้เพียงแต่คำพูดเท่านั้น แต่ความจริงบางอย่างก็ยังไม่สามารถอธิบายได้

3. ความจริงทางวิทยาศาสตร์ ไม่เป็นของแท้แน่นอน ตายตัว หรือเที่ยงตรงตลอดไป เนื่องจากความจริงที่ได้มานั้นต้องอาศัยการตีความ และการทำความเข้าใจในธรรมชาติ เมื่อได้ข้อมูลมาใหม่ การตีความหรือความเข้าใจใหม่ ๆ ก็เกิดขึ้นได้เสมอ

4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมนุษย์ยังไม่อาจจะอธิบายทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้ทั้งหมด

5. ส่วนหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกิดมาจากความต้องการของมนุษย์และสังคม แท้ที่จริงแล้วนักวิทยาศาสตร์ทุกคนมุ่งแสวงหาความรู้ เพราะเหตุที่เขาเกิดแรงขับ และต้องการทำความเข้าใจในสิ่งนั้น ๆ มากกว่าจะนึกถึงผลประโยชน์ที่จะได้จากความรู้ที่แสวงหามาได้

โรนัลด์ ดี แอนเดอร์สัน (Anderson 1970: 11) มีความเชื่อที่แตกต่างออกไปว่า ลักษณะของวิทยาศาสตร์เป็นกิจการซึ่งหมุนเวียนเป็นวงกลมประกอบด้วยการกำหนดรูปจำลองหรือคำอธิบายเพื่อใช้ในการทำนายข้อเท็จจริงต่าง ๆ ซึ่งถ้าข้อเท็จจริงเหล่านี้ถูกค้นพบ คุณค่าของรูปจำลองจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าข้อเท็จจริงเหล่านี้ไม่ได้รับการค้นพบ รูปจำลองก็จะเปลี่ยนแปลงไป

นอกจากนี้รูปจำลองจะถูกนำมาใช้ประโยชน์ในแนวทางของการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ ด้วย ซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือ

1. รูปจำลองช่วยทำให้การเรียนรู้ง่ายขึ้นด้วยการสรุป รวบรวมสถานการณ์ที่ซับซ้อนไปสู่สถานการณ์ที่ง่ายเข้า การเปรียบเทียบจะได้คำอธิบายสำหรับระบบต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ซึ่งสัมพันธ์กับสิ่งที่รู้แล้วไปสู่สิ่งที่ไม่รู้มาก่อน

2. รูปจำลองช่วยให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในรูปที่ขยายให้ชัดเจนขึ้น รูปจำลองช่วยให้มองเห็นสิ่งที่เป็นไปได้ในสภาพอันแท้จริง หรือมองเห็นความฝันที่เป็นไปได้จากการทดลองต่าง ๆ

3. รูปจำลองเป็นสิ่งช่วยเหลือที่มีค่ามากในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และในการใช้ความคิด

4. ความสามารถในการสร้างสรรค์รูปจำลองต่าง ๆ เป็นสิ่งที่มีค่า เพราะเป็นกิจกรรมทางสติปัญญาซึ่งไม่จำเป็นจะต้องจำกัดอยู่เฉพาะเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ แต่จะมีอยู่ทั่วไปในศาสตร์ต่าง ๆ

5. กิจการงานของวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมทางความคิดที่สำคัญ รูปจำลองจะให้มิติที่จะนำไปสู่กระบวนการเหล่านี้

สิ่งที่ต้องระลึกอยู่เสมอในการนำรูปจำลองมาใช้ คือ รูปจำลองต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ใช่ตัววัตถุที่แท้จริง และไม่มีรูปจำลองใดที่สมบูรณ์ดีพร้อมอย่างแท้จริง จะต้องมีข้อผิดพลาด ซึ่งอาจจะนำความเสียหายไปสู่ข้อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ดังนั้น รูปจำลองที่จะนำมาใช้ในแนวทาง

ของการค้นพบ หรือในจุดมุ่งหมายอื่น ๆ ควรคำนึงถึงความถูกต้องเป็นอันดับแรก (Anderson 1970: 65)

ลักษณะของวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบันนี้นั้น ถือว่า วิทยาศาสตร์เป็นทั้งตัวเนื้อหาความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ทัศนีย์ บุญเติม 2526: 32) สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะนำเสนอในลำดับต่อไป

2. ความรู้วิทยาศาสตร์

ผดุงยศ ดวงมาลา (2523: 2-3) กล่าวถึงความรู้วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ความรู้วิทยาศาสตร์เกิดจากประสบการณ์โดยผ่านประสาทสัมผัสแล้วใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาคำตอบหรือทำการสืบค้นจนได้ตัวความรู้วิทยาศาสตร์ และการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์มีดังต่อไปนี้

1. ความรู้วิทยาศาสตร์เกิดจากการสังเกต (observation)

2. ความรู้วิทยาศาสตร์เกิดจากการทดลองและการวัด (experimentation and measurement)

3. ความรู้วิทยาศาสตร์อาจเกิดขึ้นโดยความบังเอิญ (accidental)

4. ความรู้วิทยาศาสตร์หลายอย่างไม่จำเป็นต้องทดลอง เพียงแต่อาศัยการสังเกตก็สามารถจัดระบบระเบียบได้

3. ประเภทของความรู้วิทยาศาสตร์

ความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่ได้มานั้น สามารถจำแนกออกได้เป็นประเภทตามคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525: 247-249) ได้สรุปประเภทของความรู้วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน มีทั้งที่สามารถสังเกตได้โดยตรงและไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่ไม่ว่าจะสังเกตได้โดยตรงหรือไม่ ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์จะต้องคงความเป็นจริงโดยสามารถทดสอบได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง

2. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล มโนมติทางวิทยาศาสตร์อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของการนำไปใช้ในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

การนำไปใช้ในการบรรยาย การพยากรณ์ และการอธิบาย มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่แบ่งออก 3 ประเภท มีดังต่อไปนี้

1. มโนมติที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท มโนมติประเภทนี้เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นพวก ๆ เพื่อใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้น ๆ ให้เข้าใจตรงกัน

2. มโนมติที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มโนมติประเภทนี้เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนมติย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้น

3. มโนมติทางทฤษฎี มโนมติประเภทนี้เป็นการกำหนดสิ่งที่มองไม่เห็นแต่รู้ว่าสิ่งนั้นอยู่จริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนมติประเภทนี้นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการหรือนึกวาดภาพขึ้นในสมอง เพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้นขึ้น

3. ทฤษฎี คือ ความรู้ที่เป็นหลักอย่างกว้าง ๆ ซึ่งสร้างขึ้นเป็นรูปแบบ (model) เพื่อใช้อธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบเขตของทฤษฎีนั้น ๆ การที่จะยอมรับว่าทฤษฎีใดเป็นความจริงหรือไม่อยู่ที่เงื่อนไข 3 ประการ คือ

1. ทฤษฎีนั้นจะต้องอธิบายกฎ หลักการ และข้อเท็จจริงปลีกย่อยที่อยู่ในขอบเขตของทฤษฎีได้

2. ทฤษฎีนั้นจะต้องอนุมานออกไปเป็นกฎหรือหลักการบางอย่างได้

3. ทฤษฎีนั้นจะต้องพยากรณ์ปรากฏการณ์ที่อาจเกิดตามมาได้

4. หลักการ คือ กลุ่มของมโนมติที่เป็นความรู้หลักทั่วไป ซึ่งเป็นความจริงที่ใช้อ้างอิงได้ คุณสมบัติของหลักการ คือ จะต้องสามารถนำมาทดลองซ้ำได้โดยได้ผลเหมือนเดิม หลักการเป็นความจริงที่มีประโยชน์มากกว่าข้อเท็จจริงอื่น ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เวลานักวิทยาศาสตร์พบปัญหาได้มีการตั้งสมมติฐาน เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้นนั้นก็คือ หลักการที่เขาคาดคะเนขึ้นนั่นเอง

5. กฎ โดยทั่วไป หมายถึง หลักการที่สามารถเขียนสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้

6. สมมติฐาน เป็นข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป ตัวสมมติฐานอาจเป็นข้อความหรือแนวความคิดที่แสดงการคาดคะเนในสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้โดยตรง หรือสิ่งที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรนั้นกับตัวแปรตามแนวความคิดหรือข้อความใดจะจัดเป็นสมมติฐานก็ต่อเมื่อ

1. อ้างถึงข้อเท็จจริงที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อนหรือโดยหลักการเป็นข้อเท็จจริงที่ไม่สามารถมีประสบการณ์ได้

2. สามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขได้เมื่อมีความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น

4. สาขาของวิทยาศาสตร์

ความรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีมากมาย เกินกว่าที่คนคนเดียวจะศึกษาให้ครบทุกอย่างได้หรือแม้แต่จะติดตามการค้นพบใหม่ ๆ ก็ไม่อาจทำได้ครบทุกอย่าง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องนำความรู้นั้นมาจัดเป็นหมวดหมู่เพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า โดยการแบ่งความรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 สาขาใหญ่ คือ

1. วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (pure science) คือ ความรู้ขั้นมูลฐานล้วน ๆ นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้าหาความรู้ประเภทนี้เพื่อความใคร่รู้ เพื่อสนองความต้องการของจิตใจ โดยไม่คิดหวังผลประโยชน์จากการค้นคว้านี้เลย

2. วิทยาศาสตร์ประยุกต์หรือเทคโนโลยี (applied science or technology) เป็นความรู้ที่มุ่งหวังเอาไปใช้ในการดำเนินชีวิต หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สังคม (สุวัฒก์ นิยมค้า 2517: 28)

สรุปได้ว่า ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นผลิตผลที่ได้จากการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้าทำการค้นคว้า ความรู้เหล่านี้อาจได้มาจากการสังเกต การทดลอง การวัด หรือโดยความบังเอิญ ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้มานี้แบ่งออกได้เป็น 6 ประเภทตามคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน คือ ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ บโนมติทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎี หลักการ กฎ และสมมติฐาน และเพื่อความสะดวกในการค้นคว้าต่อไป ความรู้วิทยาศาสตร์จะถูกจัดจำแนกเป็น 2 สาขา คือ วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นความรู้ขั้นมูลฐานล้วน ๆ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์เป็นความรู้ที่มุ่งหวังจะเอาไปใช้ประโยชน์ในสังคมและชีวิตประจำวัน

จากทัศนะและแนวความคิดต่าง ๆ ที่ผู้รอบรู้ได้กล่าวไว้ พอจะสรุปลักษณะของวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้ คือ ลักษณะของวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหรือขอบเขตที่ไม่เคยจบสิ้นและไม่เคยหยุดนิ่ง วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นสากล เป็นสาธารณะ และมีลักษณะของความน่าจะเป็นไปได้ ไม่ใช่ความแน่นอนคงที่เสมอไป ขอบเขตของวิทยาศาสตร์ทั้งหมดจะเปลี่ยนแปลงได้ และวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นกิจการที่หมุนเวียนเป็นวงกลมประกอบด้วยการกำหนดรูปจำลองหรือคำอธิบายต่าง ๆ เพื่อใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ รวมทั้งช่วยในการคาดหมายอนาคตด้วย ลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบัน ถือว่า วิทยาศาสตร์เป็นทั้งตัวความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์

แนวความคิดใหม่ในการสอนวิทยาศาสตร์มาจากปรัชญาการสอนวิทยาศาสตร์ที่ว่า "การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยม ควรสะท้อนลักษณะของวิทยาศาสตร์ในแบบที่นักวิทยาศาสตร์รู้จัก" (Hurd 1971: 25)

พอล ดีฮาร์ท เฮิร์ด (Hurd 1970: 30) ได้อธิบายการเรียนการสอนตามแนวความคิดใหม่นี้ว่า "การเรียนการสอนอยู่ในรูปแบบการเรียนเพื่อให้รู้ถึงวิธีการที่จะได้มาซึ่งความรู้ กิจกรรมการเรียน ได้แก่ การทดลอง สังเกต คำนวณ สรุป ประดิษฐ์คิดค้น ประเมินค่า และวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้ในการแสวงหาความรู้"

วิธีดังกล่าวนี้เป็นที่รู้จักในวงการศึกษาของไทยในรูปแบบของการสอนแบบสืบสอบหรือการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (สุวัฒก์ นิยมค้า 2517: 124)

อี พอล ทอร์แรนซ์ (Torrance 1964: 47) กล่าวถึงการสอนแบบใหม่นี้ว่า

> วิธีสอนแบบสืบสอบในวิชาวิทยาศาสตร์พยายามทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายและลักษณะของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนตระหนักว่า ข้อสรุปต่าง ๆ หรือกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์อาจเป็นเพียงข้อสรุปชั่วคราว ไม่ใช่จะเป็นสิ่งแน่นอนคงที่เสมอไป เมื่อมีการค้นคว้าต่อ ๆ ไป โดยใช้วิธีการที่ละเอียดรอบคอบและถูกต้องกว่าข้อสรุปเหล่านี้ก็อาจเปลี่ยนแปลงได้

คลิฟฟรอด เอช เอดเวิรดร์ และ โรเบิรท์ แอล ฟิชเชอร์ (Edwards and Fisher 1977: 26) ได้กำหนดรูปแบบที่จะทำให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดไว้ว่า "นักเรียนต้องมีความเชื่อมั่นศรัทธาในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้กระบวนการเหล่านี้ในการสืบสวนสอบสวน" เพราะรูปแบบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถจะก่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ (Anderson 1970: 15)

สำหรับครูวิทยาศาสตร์นั้น เบอริท อี คิมบอล (Williams and Herman 1971: 394 citing Kimball) กล่าวไว้ว่า "ในการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องรู้ถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งต้องรู้ถึงวิธีที่จะบอกถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน"

สุนันท์ สังข์อ่อง (2524: 273) ได้แสดงแนวความคิดและให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า

> ถ้าครูมีความเข้าใจถึงลักษณะและปรัชญาวิทยาศาสตร์ดีพอแล้ว จะช่วยให้ครูตระหนักถึงแนวโน้มใหม่ของการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากแนวเดิม แต่ในทางตรงข้าม

010389

> ถ้าครูวิทยาศาสตร์ไม่เข้าใจถึงลักษณะและปรัชญาวิทยาศาสตร์แล้ว จะทำให้แนวทางในการสอนวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับลักษณะและปรัชญาวิทยาศาสตร์ อันจะทำให้ผลที่ได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการศึกษาวิทยาศาสตร์ . . . ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนรวบรวมข้อมูล ทำการทดลอง และทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนทำกิจกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ การสอนควรมุ่งเน้นที่กระบวนการวิทยาศาสตร์มากกว่าผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ เพื่อจะได้สอดคล้องกับลักษณะและปรัชญาของวิทยาศาสตร์

ไพเราะ ทิพยทัศน์ (2523: 69) กล่าวไว้ว่า "ครูต้องฝึกเด็กให้มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพราะความคิดสร้างสรรค์ช่วยในการสร้างกฎ ทฤษฎี หลักการใหม่ ๆ โดยอาศัยแรงบันดาลใจจาก กฎ ทฤษฎี และหลักการที่มีอยู่เดิม

โรนัลด์ ดี แอนเดอร์สัน (Anderson 1970: 15) เสนอแนะว่า "ครูควรให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับปัญหาบางอย่างของนักวิทยาศาสตร์ เพราะจะทำให้นักเรียนสามารถที่จะเข้าใจผลผลิตต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น"

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์นั้น ต้องอาศัยส่วนประกอบดังนี้คือ กระบวนการเรียนการสอน ตัวครู กล่าวคือ ตัวครูจะต้องมีความเข้าใจถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ และวิธีการที่จะถ่ายทอดลักษณะของวิทยาศาสตร์ไปสู่นักเรียน รวมทั้งต้องฝึกให้นักเรียนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพื่อช่วยในการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ เน้นการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบและให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ สามารถเรียนรู้ได้โดยผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6. <u>งานวิจัยที่เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์</u>

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์นั้นปรากฏอยู่น้อยมาก

เมอริท อี คิมบอล (Kimball 1968: 110-119) ศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ และของนักวิทยาศาสตร์ที่มีภูมิหลังทางการศึกษาคล้ายคลึงกัน และศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจ

เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์กับเวลาและประสบการณ์ ตัวอย่างประชากรเป็นผู้ที่เรียนหรือสอบได้ดีเป็นพิเศษในวิชาวิทยาศาสตร์และปรัชญา ซึ่งได้รับปริญญามาแล้ว 5 ปีจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford University) และวิทยาลัย เซนต์ โจว สเตท (San Joe State College) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดลักษณะของวิทยาศาสตร์ (The Nature of Science Scale)

ผลจากการศึกษาปรากฏว่า ทั้งครูวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกันในความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่าตัวอย่างประชากรทั้ง 2 กลุ่ม จะแตกต่างกันในประเภทของการได้รับปริญญา นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ไปตามกาลเวลาและประสบการณ์

วิคตอรี่ บิลเลห์ และ ไอมาร์ อี เฮเซนต์ (Billeh and Hasan 1975: 209-219) ศึกษาผลจากตัวแปรต่าง ๆ คือ วุฒิการศึกษา เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ จำนวนปีของประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ การฝึกหัดทางด้านอาชีพของครู ที่มีต่อความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรที่ได้รับการคัดเลือกมาประกอบด้วยครูวิทยาศาสตร์ 186 คน ซึ่งแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม ตามความเหมาะสมและความสนใจของครู รวมทั้งวิชาที่สอนโดยแบ่งเป็นกลุ่มเคมี ฟิสิคส์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และชีววิทยา ครูทั้ง 4 กลุ่มจะได้รับการฝึกหัดภาคฤดูร้อนเป็นเวลา 4 อาทิตย์ โดยโปรแกรมการฝึกหัดของครูที่สอนเคมี วิทยาศาสตร์ กายภาพ และฟิสิคส์ ประกอบด้วย 1) การบรรยาย และสาธิตวิธีการสอนวิทยาศาสตร์รวมทั้งพื้นฐานความคิดต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ 2) เน้นการสืบสวนสอบสวนในห้องปฏิบัติการในรูปแบบการค้นพบ 3) กิจกรรมต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดความก้าวหน้าในความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ และภาพการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการส่งเสริมการอ่านหนังสือวิทยาศาสตร์ และดูภาพยนต์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 4) การบรรยายเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ โปรแกรมการฝึกหัดสำหรับกลุ่มชีววิทยาจะแตกต่างจากโปรแกรมอื่นโดยไม่ได้รวมเอารูปแบบการสอนใด ๆ เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ไว้ เครื่องมือที่นำมาใช้ในการทดลอง คือ แบบทดสอบลักษณะของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science Test) ซึ่งใช้ในการทดสอบก่อนการฝึกหัด

และในตอนท้ายของหลักสูตรการฝึกหัด

ผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยของความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ในกลุ่มเคมี วิทยาศาสตร์กายภาพ และฟิสิคส์ จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลจากการฝึกหัดภาคฤดูร้อน 4 สัปดาห์ที่เน้นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ ในกลุ่มเคมี ฟิสิคส์ และชีววิทยา ไม่แตกต่างกันในวุฒิทางการศึกษา ประสบการณ์ในการสอน และการฝึกหัดทางด้านอาชีพ แต่ในกลุ่มวิทยาศาสตร์กายภาพจะแตกต่างไปในกรณีที่ครูส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ไม่ได้ศึกษาในมหาวิทยาลัย แต่ได้รับการฝึกหัดทางด้านอาชีพมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ สรุปได้ว่า ส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยสนับสนุนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของครูวิทยาศาสตร์ในครูให้เพิ่มขึ้น คือ รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ และจากการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่เพิ่มขึ้นของครูจากแบบทดสอบกับวุฒิทางการศึกษา เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้สอน ประสบการณ์ในการสอน และการฝึกด้านอาชีพ

รัสเซล แอล แคร์รีย์ และ นิลส์ จี สเตาส์ (Carey and Stauss 1970: 266-276) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของครูกับตัวแปรดังนี้ คือ จำนวนปีที่ทำการสอน คะแนนเฉลี่ยของวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวนชั่วโมงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ครูวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับปริญญาโทจำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบสอบ ดับลิว ไอ เอส พี (WISP)

ผลจากการศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยระหว่างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของครู กับตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้

ฟิลลิป เอ็ม แมธิส (Mathis 1977: 168) ได้ศึกษาพิจารณางานวิจัย 14 ชิ้นที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ โดยแยกแยะงานวิจัยแต่ละชิ้นเป็น บัญชีรายชื่อผู้วิจัย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาสาระ และผลที่ได้จากการวิจัย

ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษางานวิจัยเหล่านี้ แสดงให้เห็นถึงระดับต่าง ๆ ของความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ในตัวครูวิทยาศาสตร์นั้นยังมีไม่เพียงพอ และพบว่าคุณภาพหรือลักษณะการสอนทางด้านวิชาการ และประสบการณ์ในการสอน ไม่มีอิทธิพลต่อ

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ในครูวิทยาศาสตร์ แต่หลักสูตรและการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม มีอิทธิพลในทางบวกกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ทั้งในตัวครู และนักเรียน

แบรี เจย์ เฟรเซอร์ (Fraser 1978: 79-83) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเที่ยงตรงและเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับประถมและมัธยมศึกษา เครื่องมือนี้มีพื้นฐานมาจากแบบสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Test of Understanding Science, TOUS) รูปแบบ อี ดับลิว และ เจ ดับลิว (Form EW and JW) โดยเรื่องราวทั้งหมดในแบบสอบทั้ง 2 รูปแบบ จะได้รับการพิจารณาจากคณะบุคคล 12 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้มีความรู้ความชำนาญทางการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน บุคคลเหล่านี้ได้ตรวจสอบจำแนกแยกแยะและเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จากแบบสอบเดิม พร้อมทั้งกำหนดหัวข้อขึ้นมาใหม่ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อที่ใช้ศึกษา ปรัชญา จำนวน 12 ข้อ ศึกษาประวัติศาสตร์และสังคม 12 ข้อ และศึกษาภาวะปกติของนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ นำเครื่องมือใหม่มาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 176 คน จาก 14 โรงเรียน ซึ่งประกอบด้วย โรงเรียนมัธยมสหศึกษาของรัฐบาล 10 โรงเรียน โรงเรียนเทคนิคชายของรัฐบาล 1 โรง โรงเรียนศาสนาชายและหญิงอย่างละ 1 โรง และโรงเรียนหญิงเอกชน 1 โรง จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า เครื่องวัดนี้มีความเที่ยงตรง เท่ากับ 0.77

เครื่องมือนี้นอกจากจะใช้วัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถนำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับรูปแบบวิธีการสอนที่แตกต่างกัน หรือกลุ่มนักเรียนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น บุคลิกภาพ ทัศนคติ และเพศ

ผลจากการวิจัยทั้งหมดสรุปได้ว่า

1. การพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์นั้นสามารถกระทำได้โดยการฝึกอบรม หรือใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ การศึกษาวิทยาศาสตร์ และรูปแบบการสอนที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม

2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันน้อยมากกับจำนวนปีที่สอน จำนวนชั่วโมงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน และไม่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ วุฒิ เนื้อหาวิชาที่สอน หรือการฝึกหัดด้านอาชีพ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อย่อยตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. รูปแบบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ส่วนประกอบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. พื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. <u>ความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</u>

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ทัศนะและแนวความคิดเกี่ยวกับความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กันดังนี้

ดับลิว ดับลิว เวลช์ (Nay 1971: 198 citing Welch) ให้ความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "คือกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพยายามที่จะเข้าใจธรรมชาติ กิจกรรมเหล่านี้ตั้งอยู่บนความเชื่อพื้นฐานต่าง ๆ และได้รับการปฏิบัติไปตามความตระหนักในธรรมชาติของผลลัพธ์ ศีลธรรม และเป้าหมายของศาสตร์

กาลลักเกอร์ (Doran 1978: 20 citing Gallagher) ให้ความหมายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้สั้น ๆ ว่า "คือ ทักษะสำหรับการได้มา และการรวบรวมจัดระเบียบความรู้ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม"

อัลเฟรด อี ฟรีเดิล (Friedl 1972: 4) ให้ทัศนะไว้ว่า "กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำงาน การคิด และการสืบสวน"

เบรน โคลส (Close 1973: 10) ได้เสนอแนวความคิดไว้คล้ายกับฟรีเดิล (Friedl)

โดยกล่าวว่า "กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะเบื้องต้นของการสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์คิด และปฏิบัติขณะที่ค้นพบความจริง หรือกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ"

เอ็ม เอฟ เวสเซล (Vessel 1963: 2-3) มีความเชื่อที่แตกต่างออกไปว่า "วิทยาศาสตร์เป็นการค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวพันกับกระบวนการสืบสวนสอบสวน ความคิดตามหลักแห่งเหตุผล และความรู้ที่เป็นสากล สิ่งเหล่านี้เป็นเทคนิคของวิทยาศาสตร์ หรือสิ่งที่ประชาชนทั่วไปเรียกกันว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์"

ยงสุข รัศนิมาศ (2514: 48) ให้คำจำกัดความไว้ว่า "กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือวิธีที่จะได้มาซึ่งความรู้ และสิ่งแปลกใหม่ในทางวิทยาศาสตร์"

จากคำจำกัดความที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้กล่าวมาแล้ว พอจะสรุปได้ว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมหรือพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ในการสืบสวนและเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติ รวมทั้งการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

2. <u>รูปแบบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</u>

นักการศึกษาได้พยายามที่จะพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ผลที่ได้จากการศึกษาเหล่านี้ทำให้ได้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 1968 ดับลิว อาร์ บราวน์ (Brown 1968: 26-28) กำหนดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งมีสาระดังนี้

1. การนำเอาหลักเกณฑ์มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

(ก) นำความจริงหลักมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นหรือใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ที่เขาสังเกตเห็น

(ข) ทำนายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

2. การสะสมข้อมูล

(ก) พิสูจน์และกำหนดขอบเขตของปัญหา

(ข) มีทักษะในการอ่านและทำความเข้าใจกับข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ

(ค) เลือกพยานหลักฐานที่ดีที่สุด

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

(ก) มีทักษะในการตั้งสมมติฐาน

(ข) วิเคราะห์ ทดสอบสมมติฐานอย่างมีเหตุผล

(ค) มีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล

(ง) มีทักษะในการทดสอบสมมติฐาน

4. การสังเคราะห์ข้อมูล

(ก) มีความสามารถในการสังเคราะห์ข้อมูลภายในหลักเกณฑ์

(ข) มีความเต็มใจที่จะยับยั้งการตัดสินใจจนกว่าความรู้ที่หาได้จะเพียงพอต่อการนำมาใช้ประโยชน์ได้

5. การประเมินผลของข้อมูล

(ก) กฎเกณฑ์ในการประเมินผล คือ ความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรง

(ข) มีทักษะในการประเมินผลข้อมูลที่นำมาใช้ในการอ้างอิง

(ค) รู้ถึงความแตกต่างระหว่างข้อสันนิษฐาน สมมติฐาน ทฤษฎี และกฎ

ในปีเดียวกัน โครงการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมเอดมันตัน ทำการศึกษาหาคำอธิบายที่สมบูรณ์ที่สุดเกี่ยวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ พบว่าวิธีการดังกล่าวประกอบด้วยกระบวนการหลัก 14 กระบวนการ กับการปฏิบัติซึ่งสืบเนื่องการสืบสอบหาความรู้ต่อไปอีก 3 กระบวนการ (Nay 1971: 201-203) ดังนี้

1. ระบุและกำหนดปัญหา

(ก) คาดคะเนปรากฏการณ์

(ข) กำหนดตัวแปร

(ค) ให้ข้อสังเกตและสร้างข้อตกลงสมมติ

(ง) จำกัดขอบเขตปัญหา

2. หาข้อมูลพื้นฐาน

(ก) ระลึกถึงความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

(ข) ศึกษาค้นคว้าเอกสาร

(ค) ปรึกษาคนอื่น ๆ

3. การทำนาย

4. ตั้งสมมติฐาน

5. ออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลในการปฏิบัติการสนามหรือการทดลอง

(ก) ให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการแก่ตัวแปรอิสระและตัวแปรควบคุม

(ข) ระบุวิธีการเป็นขั้นตอน

(ค) ระบุเครื่องมือ วัสดุ และเทคนิคที่จำเป็น

(ง) ระบุคำเตือนเกี่ยวกับความปลอดภัย

(จ) ออกแบบวิธีการบันทึกข้อมูล

6. วิธีการ

(ก) เก็บรวบรวม สร้าง และติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือ

(ข) ปฏิบัติงานสนามหรือปฏิบัติการทดลอง

(ค) ระบุข้อจำกัดของแบบและดัดแปลงวิธีการ

(ง) ปฏิบัติการซ้ำ

(จ) บันทึกข้อมูล

7. สังเกต

(ก) หาข้อมูลเชิงคุณภาพ (เช่น ใช้ความรู้สึก)

(ข) หาข้อมูลเชิงปริมาณหรือกึ่งเชิงปริมาณ (เช่น วัด อ่านสเกล นับตัวอย่างประมาณ)

(ค) รวบรวมตัวอย่าง

(ง) หาข้อมูลในลักษณะที่แสดงโดยกราฟ (เช่น แผนภูมิ ภาพ)

(จ) ให้ข้อสังเกตปรากฏการณ์ที่ไม่คาดหมายหรือที่เกิดโดยบังเอิญ

(ฉ) ให้ข้อสัง เกตความถูกต้อง เที่ยงตรงของข้อมูล

(ช) ตัดสินความ เที่ยงตรงและความ เชื่อถือได้ของข้อมูล

8. จัดข้อมูล

(ก) จัดลำดับ เพื่อแสดงความ เป็นกฎ เกณฑ์

(ข) จัดจำแนกประ เภท

(ค) เปรียบ เทียบ

9. แสดงข้อมูลโดยกราฟ

(ก) เขียนกราฟ แผนภูมิ แผนที่ ไดอะแกรม

(ข) ทำนายในขอบ เจตของข้อมูลและนอกขอบ เขตข้อมูล

10. จัดกระทำข้อมูลโดยใช้คณิตศาสตร์

(ก) คำนวณ (คิดตัว เลข)

(ข) ใช้สถิติ

(ค) พิจารณาความไม่แน่นอนของผลการศึกษา

11. ตีความหมายข้อมูล

(ก) ให้คำอธิบายกลุ่มข้อมูล

(ข) สร้างข้อสรุปพาดพิงหรือหลัก เกณฑ์จากกลุ่มข้อมูล

(ค) ตัดสินความ เที่ยงตรงของข้อตกลงพื้นฐาน การทำนาย และสมมติฐาน

12. สร้างนิยาม เชิงปฏิบัติการ

(ก) เป็นคำพูด

(ข) เป็น เชิงคณิตศาสตร์

13. แสดงข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

14. เชื่อมโยงข้อค้นพบใหม่กับทฤษฎีที่มีอยู่ (พัฒนาในรูปแบบในใจ)

15. หาหลักฐานต่อไป เพื่อ

(ก) เพิ่มระดับความ เชื่อมั่นของคำอธิบาย หรือการสรุปหลัก เกณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ข) ทดสอบขอบเขตของการใช้คำอธิบาย หรือหลักเกณฑ์

16. ระบุปัญหาใหม่เพื่อการสืบสอบความรู้ของ

(ก) ความต้องการที่จะศึกษาผลของตัวแปรตัวใหม่

(ข) สิ่งที่สังเกตพบโดยไม่คาดหมาย

(ค) ความไม่สมบูรณ์ (ช่องว่าง) และความไม่คงที่ภายในของทฤษฎี

17. ใช้ความรู้ที่ค้นพบ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1970 สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science) ได้ค้นพบวิธีหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อย่างน้อย 13 ประการ และตีพิมพ์ในหนังสือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์: คำบรรยายสำหรับครู (Science: A Process Approach, Commentory for Teachers) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 กระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้

ก. กระบวนการขั้นมูลฐาน (Basic Processes)

1. การสังเกต (observation) หมายถึง ความสามารถในการหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นเพื่อหารายละเอียดต่าง ๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล

2. การวัด (measuring) หมายถึง ความสามารถในการหาปริมาณหรือค่าของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

3. การจัดประเภทสิ่งของ (classifying) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม โดยมีเกณฑ์ในการแบ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือนกัน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ร่วมของสิ่งนั้น ๆ

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา (using space/time) หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาที่ใช้ไป ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

5. การใช้เลขจำนวนและการคำนวณ (using numbers) หมายถึง การนำเอาความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นเครื่องมือของวิทยาศาสตร์มาคำนวณหาค่าต่าง ๆ จากผลการทดลอง

6. การถ่ายทอดผลงาน (communicating) หมายถึง การบันทึกหรือสื่อความหมายผลจากการค้นพบ หรือผลที่ได้พบเห็นให้คนอื่นเข้าใจ อาจโดยการพูด การเขียน การใช้แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ ไดอะแกรม หรือสมการ โดยคำนึงถึงความชัดเจน ความสมบูรณ์ ความถูกต้อง

7. การลงข้อวินิจฉัย (inferring) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิม เพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

8. การพยากรณ์เหตุการณ์ข้างหน้าอย่างมีหลักเกณฑ์ (predicting) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าหรือคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย

ข. กระบวนการขั้นผสม (Integrated Processes)

9. การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing) หมายถึง ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ สมมุติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุปของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้โดยตรง หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้น ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

10. การควบคุมตัวแปร (controlling variables) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดว่าอะไรเป็นตัวแปรต้น และอะไรเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมหรือคุณสมบัติทางกายภาพหรือชีวภาพของระบบ ความสามารถที่จะสร้างวิธีทดสอบหาผลที่เกิดจากตัวแปรได้ รวมทั้งความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหลาย ความสามารถเหล่านี้จะทำให้เราควบคุมปรากฏการณ์หรือสร้างปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นได้

11. การแปลผลจากข้อมูล (Interpreting data) หมายถึง ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมาย ซึ่งจะนำไปสู่การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา

12. การกำหนดนิยามเชิงพฤติกรรม (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้กับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ ซึ่งการระบุความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการปฏิบัติการทดลองต่อไป

13. การทดลอง (experimenting) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง (The American Association for the Advancement of Science 1970: 33-176)

จากรูปแบบต่าง ๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงพอจะสรุปได้ว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อาจจะจัดไว้ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งมีการนำเอาหลักเกณฑ์มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ การสะสม การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลของข้อมูล หรืออาจอยู่ในรูปแบบของกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการหลัก 14 กระบวนการ กับการปฏิบัติซึ่งสืบเนื่องการสืบสอบหาความรู้อีก 3 กระบวนการ สำหรับรูปแบบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน คือ รูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ : คำบรรยายสำหรับครู (Science: A Process Approach Commentory for Teachers) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย 13 กระบวนการ คือ การสังเกต การวัด การจัดประเภทสิ่งของ การหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา การใช้เลขจำนวนและการคำนวณ การถ่ายทอดผลงาน การลงข้อวินิจฉัย การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร การแปลผลข้อมูล การกำหนดนิยามเชิงพฤติกรรม และการทดลอง

3. <u>ส่วนประกอบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</u>

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย วิธีการวิทยาศาสตร์ (scientific method) และเจตคติวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) ซึ่งวิธีการวิทยาศาสตร์ (scientific method) เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ (ผดุงยศ ดวงมาลา 2523: 10)

ร่วมจิต ศรีวิไรจน์ (2525: 648-649) ได้สรุปวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ลำดับขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหา เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีความสนใจหรือมีปัญหาที่จะต้องค้นคว้าหาคำตอบหรือคำอธิบาย เขาจะเริ่มต้นด้วยการตั้งสมมติฐานขึ้นก่อนแล้วกำหนดวิธีสังเกตหรือวิธีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องราวนั้น ๆ ซึ่งจากการสังเกตหรือการทดลอง เมื่อนำข้อเท็จจริงที่รวบรวมไว้มาประกอบกับประสบการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์มีอยู่ จะทำให้เกิดมโนมติ ซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจ เมื่อนักวิทยาศาสตร์คิดค้นต่อไปจะทำให้ได้ทฤษฎี กฎ หรือหลักการขึ้น ซึ่งทฤษฎี กฎ หรือหลักการนี้จะต้องได้รับการยืนยันจากการสังเกตหรือทดลองได้เสมอ

2. การตั้งสมมติฐาน สมมติฐานมักได้จากการคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ซึ่งอาจเกิดจากความเชื่อหรือเหตุผลที่สนับสนุนหรือคัดค้าน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นไว้เป็นเวลานานเป็นที่เชื่อถือได้สมมติฐานนั้นจะกลายเป็นกฎ

3. การทดลอง การทำการทดลอง นอกจากจะนำผลการทดลองที่ได้ไปสรุปเป็นกฎหรือทฤษฎีแล้ว ยังช่วยฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ ด้วย

4. การสรุปผล เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบจัดหมวดหมู่สรุปเป็นกฎหรือทฤษฎี แล้วใช้กฎหรือทฤษฎีที่ได้เป็นหลักในการศึกษาและค้นคว้าต่อไป

จะเห็นได้ว่า วิธีการวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยประสบการณ์ การสังเกต การทดลองและความสนใจคิดค้นอันมีเหตุผลเป็นสำคัญ นักวิทยาศาสตร์จึงไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีเหตุผล ปราศจากข้อเท็จจริง

การที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการวิทยาศาสตร์ในการศึกษาหาความรู้ได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการคิด การกระทำ ซึ่งอาจถือเป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นด้วย ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวนี้เป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) เป็นพฤติกรรมหรือแนวความคิดที่แสดงออกถึงความเป็นผู้มีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นในตัวบุคคลแล้ว จะมีประโยชน์เป็นอย่างมาก เพราะมีผลต่อการค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างสรรค์ผลงานทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่แสดงถึงความเป็นผู้มีเจตคติวิทยาศาสตร์ (ผดุงยศ ดวงมาลา 2523: 12-13) มีดังนี้

1. เป็นบุคคลที่ชอบแสวงหาความรู้ อยากเห็น กระตือรือล้นในการศึกษาหาความรู้
2. เชื่อว่าผลต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้ต้องมีเหตุ
3. เป็นบุคคลที่ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเมื่อความคิดนั้นมีเหตุผล
4. ชอบใช้ความคิดในการวิพากย์วิจารณ์ แล้วนำมาพิจารณาหาเหตุผล สรุปสิ่งต่าง ๆ จากเหตุและผล และข้อเท็จจริงที่ถูกต้อง
5. ไม่เชื่อในโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่มีเหตุผล
6. เปลี่ยนความคิดไปสู่สิ่งที่ถูกต้องและมีเหตุผลกว่าความคิดเห็นเดิม
7. ไม่ยอมสรุปอะไรง่าย ๆ จากการทดลองเพียงครั้งเดียว หรือด้วยพยานหลักหลักฐานจำกัด
8. ตรวจสอบความคิดต่าง ๆ โดยการปฏิบัติทดลอง หรือการค้นหาจากตำราหรือจากบุคคลผู้ทรงคุณวุฒิ
9. เป็นบุคคลที่ซื่อสัตย์ ไม่ลำเอียงหรืออคติ
10. เป็นผู้ชอบสังเกต ละเอียดละออ รอบคอบ
11. คิดทำและพูดอย่างมีเหตุผล โดยเลือกวิธีการที่รัดกุม ถูกต้อง เหมาะสม
12. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
13. ชอบถามคำถามมากกว่าคำตอบ

พอจะสรุปได้ว่า ส่วนประกอบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำงานเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน คือ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การทดลอง และการสรุปผล และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างสรรค์ผลงานทางวิทยาศาสตร์

4. พื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความเชื่อพื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้รับการประกาศสาระสำคัญไว้ในเอกสาร "จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ (Theory Into Action)" โดยสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teacher Association, NSTA) ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้ (Doran 1978: 25)

1. วิทยาศาสตร์ดำเนินไปบนความเชื่อพื้นฐานที่ได้จากประสบการณ์หลายศตวรรษว่าเอกภพจะไม่เปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ และทันทีทันใด

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนการสังเกตตัวอย่าง (Sample) ของสสารซึ่งสามารถทดสอบได้โดยสาธารณะ ไม่ใช่เฉพาะบุคคล

3. วิทยาศาสตร์ดำเนินไปทีละเล็กละน้อย (A Piece Meal Manner) แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ได้รับความเข้าใจที่เป็นระบบอย่างสมบูรณ์ในส่วนและลักษณะต่าง ๆ ของธรรมชาติ

4. วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ไม่จบหรือไม่มีทางสิ้นสุดไปตลอดกาล จะมีสิ่งที่จะถูกค้นพบอยู่ต่อไปเสมอ เกี่ยวกับพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในเอกภพ

5. การวัด (Measurement) เป็นสิ่งที่สำคัญของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่สาขาต่าง ๆ เพราะการสร้างสูตร และหลักเกณฑ์ต่าง ๆ จะต้องอาศัยการพัฒนาการแยกแยะความแตกต่างทางปริมาณ (The Development of Quantitative Distinction)

5. การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ถึงแม้ว่าเรายังคงสนใจในความรู้วิทยาศาสตร์ แต่ปัจจุบันนักการศึกษาโดยทั่ว ๆ ไปยอมรับว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรจะหันมาเน้นวิทยาศาสตร์ในด้านการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์เป็นสะพานทอดไปสู่จุดหมายนั้น ซึ่งเป็นทางสายกลางที่จะเข้าไปถึงวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทั้ง 2 ด้านอย่างแท้จริง (สุวัฒก์ นิยมค้า 2517: 75)

พอล ดีฮาร์ด เฮิร์ด (Hurd) เห็นด้วยกับแนวความคิดนี้โดยกล่าวว่าควรจะนำวิธีการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์มาสอนในโรงเรียน เพราะวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำรวจปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นเป็นเช่นเดียวกับการใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ถ้าทำได้ตามนี้เด็กก็จะสามารถใช้วิธีการเดียวกันนี้ค้นหาคำตอบในวิชาอื่นได้ด้วย (สุวัฒก์ นิยมค้า 2517: 33)

สมาคม เอ เอ เอ เอส (AAAS: The American Association for the Advancement of Science 1970: 33) ได้ระบุไว้ว่า "ในการเรียนการสอน ผู้เรียนไม่ควรจะรับแต่ข้อเท็จจริง (fact) หรือหลักการ (principle) แต่เพียงอย่างเดียว แต่ควรจะได้เรียนรู้ถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย"

สุจิต บุญปก (2517: 26) กล่าวว่า "การสอนวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะต้องปลูกฝังให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ไปในเวลาเดียวกัน"

ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์จึงควรตระหนักว่า ตนมีหน้าที่ที่จะต้องสนับสนุนให้นักเรียนได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เจมส์ อาร์ โอเค และ โรนัลด์ เอล พิล (Okey and Fiel 1973: 1-10) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ครูวิทยาศาสตร์ควรมี และสรุปไว้ 10 ประการคือ

1. การกำหนดตัวแปร (identifying variables)

2. การสร้างตารางข้อมูลจากข้อความหรือจากการทดลองได้ถูกต้อง (constructing a table of data)

3. การเขียนกราฟ (constructing a graph)

4. การอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ (describing relationships between variables)

5. การรวบรวม และการจัดทำข้อมูล (acquiring and processing your own data)

6. การวิเคราะห์กระบวนการทำการทดลอง (analyzing investigations)

7. การตั้งสมมติฐาน (constructing hypotheses)

8. การให้นิยามปฏิบัติการ (defining variables operationally)

9. การออกแบบการทดลอง (designing investigations)

10. การดำเนินการทดลอง (experimenting)

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2526: 51) กล่าวไว้ว่า "สำหรับครูวิทยาศาสตร์นอกจากจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อการเป็นครูแล้ว ยังจะต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีเทคนิควิธีสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในเนื้อหาด้านความรู้วิทยาศาสตร์ และกระบวนการ

แสวงหาความรู้ด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ด้วย"

มาร์เชล เอ เนย์ (Nay 1971: 205) กล่าวถึง ลักษณะที่ครูวิทยาศาสตร์ควรจะมี เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจในการเรียนการสอน คือ

1. ครูต้องมีความรู้ดีในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมของวิทยาศาสตร์

2. ครูจะต้องมีกลวิธี และหลักในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน รวมทั้งต้องใช้ทัศนคติในการสืบเสาะที่คล้ายกันไปสู่การสอนของครู

สำหรับตัวนักเรียนนั้น โรเบริท บี ซันด์ (Sund 1967: 23) แบ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนควรพัฒนาออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน คือ

1. ทักษะเกี่ยวกับวิธีหาความรู้ (acquisitive skills) ได้แก่ การฟัง การสังเกต การค้นคว้า การสอบถาม การสืบสวน การรวบรวมข้อมูล และการวิจัย

2. ทักษะเกี่ยวกับการรวบรวม (organization skills) ได้แก่ การบันทึก การเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่าง การจัดจำแนก การเรียบเรียงอย่างเป็นระเบียบ การเขียนโครงเรื่อง การประเมิน และการวิเคราะห์

3. ทักษะในด้านสร้างสรรค์ (creativity skills) ได้แก่ การวางแผนล่วงหน้า การออกแบบปัญหา วิธีการหรือเครื่องมือระบบใหม่ ๆ การประดิษฐ์ และการสังเคราะห์

4. ทักษะเกี่ยวกับการกระทำ (manipulate skills) ได้แก่ การใช้เครื่องมือ การระวังรักษา การสาธิต การทดลอง และการซ่อมเครื่องมือ

5. ทักษะเกี่ยวกับการสื่อความหมาย (communicative skills) ได้แก่ การตั้งคำถาม การอภิปราย การบรรยาย การเขียนรายงาน การวิพากษ์วิจารณ์ ตลอดจนความสามารถในการสอนเพื่อนได้

วิธีการสอนหรือการถ่ายทอดความรู้ของครูเพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์เน้นวิธีการสอนแบบสืบสอบ เพราะการสอนวิทยาศาสตร์แบบนี้เน้นความสำคัญของการแสวงหาความรู้หรือความจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sund 1967: 62-65)

จันทร์เพ็ญ เชื่อพานิช (2525: 302) กล่าวถึง เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนไว้ว่า "เป็นเทคนิคการสอนที่จำเป็นอย่างหนึ่งสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทัศนคติทางวิทยาศาสตร์"

นิดา สะเพียรชัย (2518: 2) ให้ทัศนะเกี่ยวกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ว่า "เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสำคัญ สนับสนุนให้นักเรียนได้ค้นคว้าข้อเท็จจริง ส่งเสริมให้มีความคิดริเริ่ม และคิดอย่างมีเหตุผล การสอนวิทยาศาสตร์ตามการสอนแผนใหม่มุ่งจะพัฒนาทั้งเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน"

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบทั้งกระบวนการเรียนการสอน ครูผู้ทำการสอน รวมถึงตัวนักเรียนเองด้วย โดยต้องจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ความจริงด้วยตนเองให้มากที่สุด โดยเน้นที่การค้นคว้ามากกว่าผลิตผลจากการค้นคว้าข้อเท็จจริงต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผลและมีความคิดริเริ่ม สำหรับครูนั้นควรมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกิจกรรมของวิทยาศาสตร์ และสร้างบรรยากาศเพื่อกระตุ้นเร่งเร้าให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทุกกรณี

6. <u>งานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</u>

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่งมาปรากฏในระยะหลังปี ค.ศ. 1968 ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่น่าสนใจเหล่านี้แต่เพียงบางส่วนดังนี้

เรโนว์ อีดิธ เพฮินเกอร์ (Flehinger 1971: 668A) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยครูฝึกสอน 257 คน จากวิทยาลัยฮันเตอร์ (Hunter College) และเลย์แมน (Lehman College) โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแบบสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เรื่องสั้น ๆ ที่เกี่ยวกับสถานการณ์ทางสมุทรศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยภาพยนต์ หนังสือ การอภิปราย การทดลองและการสาธิต จะถูกนำมาใช้ในห้องเรียน สำหรับกลุ่มทดลอง แบบสอบความรู้ทางสมุทรศาสตร์ (The Test of Oceanographic Knowledge) และแบบสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Tannenbaum's Test of Science Process) ตัวอย่างประชากรในกลุ่มทดลองจะศึกษาเรื่องสั้น ๆ ในทางสมุทรศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมศึกษาหลักสูตรของโรงเรียนตามปกติเป็นเวลา 4 ชั่วโมงในชั้นเรียน ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการทดสอบก่อนและหลังการสอนด้วยแบบสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทำแบบสอบ

ความรู้ทางสมุทรศาสตร์ในชั่วโมงที่ 5

ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง มีความสัมพันธ์กับการได้มาซึ่งเนื้อหาความรู้มากกว่า นักเรียนที่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

จอหน์ ดับลิว บูโทรว์ (Butrow 1972: 052047) ทดลองสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ โดยทดลองสอนนักเรียน เกรด 8 จำนวน 92 คน ทำการสอนวิทยาศาสตร์กายภาพ 5 บทแรก โดยใช้แบบทดสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการสอน

ผลจากการศึกษาพบว่า คะแนนจากการทดสอบ 2 ครั้งแตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการสังเกต การเปรียบเทียบ การจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การวัด การสรุปอ้างอิง และการทดลองเพิ่มมากขึ้น และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเหล่านี้กับระดับสติปัญญา

มาร์วิน เอฟ วิดดีน (Widdeen 1972: 3583-A) ได้ทำการศึกษากับนักเรียนจำนวน 555 คน และครู 26 คน จากโรงเรียนสเปียร์ฟิช (Spearfish) และโรงเรียนสเตอร์กิส (Sturgis) โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองได้รับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science - A Process Approach) และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบเดิม

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะเกี่ยวกับด้านความรู้หรือความคิด (Cognitive Domain) สูงกว่ากลุ่มควบคุม และความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูนั้นมีผลต่อความเจริญงอกงามทางด้านความรู้ของนักเรียน

หลังจากนั้น 3 ปี เขาได้ศึกษาเปรียบเทียบนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรม เอส เอ พี เอ (SAPA) กับนักเรียนที่เรียนด้วยหลักสูตรเดิมในระดับเกรด 3, 4 5 และ 6 จำนวน 531 คน ดำเนินการทดลองโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีไอคิว (I.Q.) เฉลี่ย เท่ากับ 107.01 กลุ่มควบคุมมีไอคิว (I.Q.) เฉลี่ยเท่ากับ 108.18 นักเรียนกลุ่มทดลองจะถูกสอนด้วยโปรแกรม SAPA โดยครูที่สอนจะได้รับการอบรมเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมจะถูกสอนตามหลักสูตรเดิม ครูจะสอนโดยวิธีบรรยาย อภิปราย สาธิต และสอนตามหนังสือแบบเรียน

ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรม เอส เอ พี เอ (SAPA) มีความคิด และการจัดกระบวนการของงานต่าง ๆ ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนหลักสูตรเดิม

เคาร์ ราจินเดอร์ (Rajinder 1973: 186-A) ได้สร้างแบบทดสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้น เพื่อวัดทักษะด้านการสังเกตและการจำแนกประเภท และศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะทั้งสองประเภทนี้ของนักเรียนเกรด 1 และเกรด 3 ราจินเดอร์ ทำการศึกษาหลักสูตรประถมศึกษาแล้วนิยามทักษะในเชิงพฤติกรรมสร้างแบบสอบทักษะการจำแนกประเภท (Classification Skills Test: CST) และแบบสอบความเที่ยงตรงของการสังเกต (Precise Observation Skills Test: POST) หาความตรงโดยการพิจาณาของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน จากนั้นใช้ทดสอบบางข้อโดยสุ่มกับนักเรียนเกรด 1, 2, 3 ทำการแก้ไขแบบสอบได้ข้อสอบไว้ 13 ข้อ ซึ่งนำไปทดสอบอีกครั้ง โดยวิธีสัมภาษณ์กับนักเรียนเกรด 1 จำนวน 40 คน และนักเรียนเกรด 3 จำนวน 40 คน ผลปรากฏว่าข้อสอบ พี โอ เอส ที (POST) มีค่าความเชื่อมั่นกับเด็กเกรด 1 .86 และกับเด็กเกรด 3 .94 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบ ซี เอส ที (CST) กับเด็กเกรด 1 มีค่า .59 และกับเด็กเกรด 3 มีค่า .62

ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความพร้อมของเด็กมีอิทธิพลต่อทักษะในการสังเกต เด็กเกรด 3 อธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กเกรด 1 แต่ทักษะในการจำแนกประเภทไม่แตกต่างกัน ทักษะในการสังเกตและทักษะในการจำแนกประเภทมีความสัมพันธ์กัน

เอเลน โจน กรูเบอร์ (Gruber 1974: 2768-A) ศึกษาผลของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่มีต่อพฤติกรรมในการสร้างสรรค์และทัศนคติของครู ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียน 46 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 21 คน ได้รับการสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มควบคุมประกอบด้วยนักเรียน 24 คน ซึ่งไม่ได้รับการสอนหลักสูตรกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน พฤติกรรมของครูและนักเรียนขณะทำการศึกษาได้รับการบันทึกแล้วใช้การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ (The Interaction on Analysis for Science Teaching)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการเปิดเผย เปลี่ยนแปลงไปในทางบวกมากกว่ากลุ่มควบคุม ทัศนคติของครูต่อนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ทัศนคติของครูต่อนักเรียน การริเริ่ม ความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการ

I16842741

ทางวิทยาศาสตร์ และการเปิดเผย มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยสรุปกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในหลักสูตรจะช่วยเพิ่มความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในครูผู้สอน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทางพฤติกรรมการสร้างสรรค์ในครูผู้ซึ่งมีส่วนในการสอนทั้งหมด

ริชาร์ด หลุยส์ แคมเบล (Campbell 1974: 4947-A) ศึกษาผลของการสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่มีต่อความรู้ ทัศนคติ และการคัดเลือกวัตถุประสงค์ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในการสอน รวมทั้ง การทำแผนการสอนของครู ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาครู 76 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มแบบสุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการสอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการสอนการเตรียมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และการสร้างแผนการสอนในทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบสัมฤทธิผลกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (The Basic Science Process Skill Achievement Test) แบบวัดทัศนคติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skills Attitude Measure) แบบสอบถามการคัดเลือกวัตถุประสงค์ (The Selection of Objective Questionnaire) และแบบวัดความคิดเห็นของโรคีช (The Rokeach Dogmatism Scale)

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสามารถปรับปรุงได้โดยผ่านการสอน ครูที่ได้รับการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานมีความสามารถในการเลือกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และสามารถเขียนกิจกรรมที่เกี่ยวกับกระบวนการในแผนการสอนได้เพิ่มขึ้น

โอจิเนีย แอน พอพอร์ราด์ เวเนค (Vanek 1974: 1522-A) ทำการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดจำแนกประเภทที่มีต่อทัศนคติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยวิธีสอน 2 แบบ คือ แบบที่ใช้การทดลอง ใช้หลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับประถม (Elementary Science Study: ESS) กับแบบที่ใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง โดยใช้หลักสูตรชุดวิทยาศาสตร์ของเลดลอ (Laidlaw Science Series) ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 54 คน เกรด 4 จำนวน 56 คน

โดยสอนทั้ง 2 วิธีต่อนักเรียนแต่ละระดับ ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยข้อสอบวัดทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ของราล์ฟ (Ralph) และข้อสอบการจัดจำแนกประเภทแบบเพียเจท์ ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของสแตนฟอร์ดชุด 3 (Test of the Stanford Achievement Primary Batter III) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (Three Way Analysis of Variance) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Analysis) ใช้เกรด วิธีการสอน และเพศ เป็นตัวแปรที่ควบคุม

ผลการศึกษาพบว่า วิธีการสอนไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์และพัฒนาการของความรู้ความเข้าใจแตกต่างกันแต่ทำให้ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์และทักษะต่างกัน

โจเซฟ ฟิลลิป ไรลีย์ (Riley 1975: 5152-A - 5153-A) ศึกษาผลการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ทัศนคติในวิธีสอน ความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาครูเป็น 3 กลุ่ม สองกลุ่มแรก คือ กลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติจริงกลุ่มหนึ่ง และเรียนรู้เฉพาะทฤษฎีอีกกลุ่มหนึ่ง กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมจะได้รับการสอนให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยทั่ว ๆ ไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบความสามารถในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู (The Process Measure for Teachers) แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Test on Understanding Science) แบบสอบทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์และการสอนวิทยาศาสตร์ (Attitude Toward Science and Science Teaching Scales) และแบบสอบทัศนคติต่อวิธีการสอน (Attitude Toward Method of Instruction Inventory)

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มได้คะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมในด้านความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนตัวแปรที่เหลือนั้นทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ผลไม่แตกต่างกัน ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ครูก่อนประจำการควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนที่จะออกไปประกอบอาชีพครูไม่ว่าจะได้รับการอบรมด้วยการให้ปฏิบัติจริงหรือเฉพาะภาคทฤษฎีจะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากัน

โรนัลด์ ชาลส์ เซอลิน (Serlin 1977: 5729-A - 5730-A) ได้ศึกษาผลการเรียนโดยการใช้ปฏิบัติการแบบค้นให้พบเอง (Discovery Laboratory) ต่อทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา และความสามารถในทางความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาภาคเรียนที่ 3 ซึ่งเรียนวิชาแคลคูลัส ที่จะใช้เป็นวิชาพื้นฐานในหลักสูตรฟิสิกส์ ซึ่งจะใช้สอนอยู่ ทั้งนี้เพื่อตัดปัญหาเกี่ยวกับผลจากความรู้ในการบรรยาย ทำการทดสอบทุกด้าน ผลปรากฏว่าแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ตัวแปรซึ่งนำมาวิเคราะห์ร่วม ได้แก่ อายุ ระดับชั้นเรียน คะแนนจากส่วนภาษา และคณิตศาสตร์ของแบบสอบ เอส เอ ที (SAT) จำนวนภาคเรียนในวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ หลังจากการสอนจึงทำการทดสอบทักษะด้านต่าง ๆ อีกครั้งหนึ่ง

ผลการวิจัยพบว่า ปฏิบัติการแบบค้นให้พบเอง (Discovery Laboratory) มีผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ไม่ปรากฏผลแตกต่างในด้านอื่น ๆ

โดโรธีย์ แอล เกเบิ้ล และ ปีเตอร์ เอ รับบ้า (Gable and Rubba 1977: 503-511) ได้ศึกษาผลการสอนและประสบการณ์การฝึกสอนที่มีต่อความสามารถในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาครูประถมศึกษาในมหาวิทยาลัยอินเดียนา (Indiana University) ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิคส์ ปีการศึกษา 1975 จำนวน 58 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูซึ่งปรับปรุงโดยสมาคม เอ เอ เอ เอส (AAAS)

ผลจากการศึกษาพบว่า นักศึกษาครูที่ได้รับการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมจะมีคะแนนสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังพบว่า ครูสามารถจะฝึกให้มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถ้าได้รับการเน้นหนักทางทักษะในวิชาวิทยาศาสตร์

เคนเนธ เดลย์ ปีเตอร์สัน (Peterson 1977: 5728-A) ได้จัดโครงการฝึกการสืบสอบสำหรับนักเรียนมัธยมโดยการให้เด็ก 67 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักเรียนมัธยมปลายที่มีผลการสอบโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจ แบบสอบความรู้ด้านเนื้อหา และแบบสอบความรู้ความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ในระดับเดียวกันจัดเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มแรกเรียนหลักสูตรแบบโครงการฟิสิคส์ (Project Physics) เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่สอง เรียนหลักสูตรโครงการฟิสิคส์ (Project Physics) เช่นกัน แต่ได้รับการสอนโดยวิธีบรรยายเกี่ยวกับวิธีการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่สามให้ฝึกการสืบสอบโดยเฉพาะ ใช้เวลากลุ่มละ 9 สัปดาห์ หลังจากการสอนครบกำหนดจึงทำการสอบหลังเรียนโดยแบบสอบความรู้ความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดจำนวนตัวแปรที่ระบุด้วยจำนวนคำถามที่ถาม การใช้จุดมองต่าง ๆ กัน การจินตนาการและการคิดอเนกนัย ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์การใช้คำถามที่เหมาะสม แบบการทดลอง รูปแบบการสรุปหลักเกณฑ์ จำนวนความสัมพันธ์ที่ค้นพบ การจัดจำแนก และความสัมพันธ์ของกระบวนการที่ใช้ในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น .05

ผลการวิจัยสรุปว่า กลุ่มที่เรียนการสืบสอบให้ผลด้านต่าง ๆ สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยไม่ได้สอนการสืบสอบเพิ่มเติม แต่ผลทางด้านจำนวนคำถาม รูปแบบการสรุปหลักเกณฑ์และการทดลองไม่แตกต่างกัน กลุ่มที่ได้รับการฝึกการสืบสอบโดยเฉพาะ มีความสามารถด้านการเห็นจุดมองแตกต่างออกไป คำถามเชิงอเนกนัย เกณฑ์คำถาม แบบการทดลอง การระบุกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ และความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการต่าง ๆ สูงกว่ากลุ่มที่เรียนการสืบสอบจากการบรรยาย

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเทศ พบว่ามีอยู่ไม่น้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการเรียนการสอน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่งานวิจัยที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ยังไม่เคยปรากฏมาก่อน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเท่าที่ได้ทดลองมาก่อนจะกล่าวแต่งานวิจัยที่น่าสนใจดังนี้

สัญญา ทิพย์เสนา (2517) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry) โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Process) กับการสอนแบบเดิม โดยทดลองสอนกับนักศึกษาครูระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาปีที่ 1 จำนวน 67 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม กลุ่มทดลอง 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวน-สอบสวน ใช้เวลาติดต่อกัน 2 ภาคการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน และกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

อุทัย ศีวะธนรักษ์ (2517) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบสืบสวนสอบสวนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Integrated Process Skill) กับการสอนแบบเดิม กลุ่มประชากรที่ใช้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา ชั้นปีที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 67 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวน-สอบสวน แบบครูเป็นผู้สืบสอบ (Passive Inquiry) ส่วนกลุ่มควบคุม จำนวน 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบคะแนนที

ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูงไม่แตกต่างกัน
2. กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม
3. ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงภายหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอน

สุมาลี พิตรากูล (2518) ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างกิริยาร่วมทางวาจากับการเรียนรู้ทักษะขั้นสูงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา โดยทดลองกับนักศึกษาวิทยาลัยครูธนบุรีชั้นปีที่ 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวิเคราะห์กิริยาร่วมทางวาจาระหว่างครูและนักเรียนของแฟลนเดอร์ และแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

ผลจากการวิจัยพบว่า หลังจากการสอนบทเรียนฝึกทักษะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้อัตราส่วนระหว่างการใช้อิทธิพลทางอ้อมต่ออิทธิพลทางตรงในระดับต่ำ และปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้อัตราส่วนระหว่างการใช้อิทธิพลทางอ้อมต่ออิทธิพลทางตรงในระดับสูง

น้อยทิพย์ ศัสตรศาสตร์ (2521) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 4 และศึกษาแนวทางในการสร้างแบบสอบทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน และแบบสอบการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมปีที่ 4 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2521 จำนวน 300 คน เป็นนักเรียนชาย 153 คน นักเรียนหญิง 147 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบซึ่งมีทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ แบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน แบบสอบการแก้ปัญหา และแบบสอบผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์

ผลจากการวิจัยพบว่า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา โดยไม่ขึ้นกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ และมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์โดยไม่ขึ้นกับตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหา

3. คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสามารถพยากรณ์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา และคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ได้

บุญรัตน์ ศิริอาชากุล (2522) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้น ม.ศ.1 กับ ม.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น และแบบทดสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้น ม.ศ.1 และ ม.1 ชั้นละ 713 คน ซึ่งสุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 6 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยการคำนวณค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยค่าซี (Z-test)

ผลจากการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น ม.ศ.1 กับ ม.1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น ม.ศ.1 สูงกว่า ม.1

สุรวุฒิ สุขินไรจน์ (2523) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเรียนด้วยการสอนแบบสืบสอบที่มีคำแนะนำปฏิบัติการและไม่มีคำแนะนำปฏิบัติการ

และเปรียบเทียบพฤติกรรมการให้ความร่วมมือต่อกลุ่มปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแบบการเรียนทั้งสองวิธีดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมสอง ในปีการศึกษา 2522 โรงเรียนนาถ่อนพัฒนา จังหวัดนครพนม จำนวน 69 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมสอนด้วยวิธีสืบสอบที่มีคะแนะนำปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มทดลองสอนด้วยวิธีสืบสอบที่ไม่มีคำแนะนำปฏิบัติการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำคะแนนมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการเรียนสองแบบ ส่วนการศึกษาพฤติกรรมการให้ความร่วมมือต่อกลุ่มปฏิบัติการทดลองใช้วิธีสังเกตโดยตรงแบบไม่มีส่วนร่วม ซึ่งใช้ระบบจำแนกพฤติกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบคะแนนซี

ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่เรียนโดยการสอนแบบสืบสอบที่ไม่มีคำแนะนำปฏิบัติการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่า กลุ่มที่เรียนโดยการสอนแบบสืบสอบที่มีคำแนะนำปฏิบัติการ ส่วนพฤติกรรมการให้ความร่วมมือต่อกลุ่มปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันในการสอนทั้งสองแบบ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1. การสอนโดยเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีผลต่อระดับสติปัญญาความสนใจวิทยาศาสตร์ พัฒนาการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจการงานต่าง ๆ และความรู้ความคิด (Cognitive Domain) ของนักเรียน แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการสร้างสรรค์ของครู

2. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. การพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น สามารถกระทำได้โดยการฝึกอบรมเน้นหนักทางทักษะในวิชาวิทยาศาสตร์ การใช้โปรแกรมวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสำคัญ วิธีสอนแบบสืบสอบ การให้นักเรียนฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการทดลอง และปฏิบัติการแบบค้นพบเอง

4. ครูก่อนประจำการควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะออกไปประกอบอาชีพครู และไม่ว่าจะได้รับการอบรมด้วยการให้ปฏิบัติจริงหรือเฉพาะภาคทฤษฎี จะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากัน

5. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูมีผลต่อความเจริญงอกงามทางด้านความรู้ของนักเรียน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

รายละเอียดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อย่อยตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
2. บุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์
3. กระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์
4. การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

1. <u>ความหมายของความคิดสร้างสรรค์</u>

คำว่าความคิดสร้างสรรค์ได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายไว้แตกต่างกันตามทฤษฎีของตนดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ในความหมายของความสามารถในการนำแนวความคิดหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากการคิดค้นใหม่ ๆ ไปใช้ประโยชน์ และแสดงให้ปรากฏแก่สาธารณชนทั่วไป ผู้ที่มีความคิดตามแนวนี้มีดังเช่น

อี พอล ทอร์แรนซ์ (Torrance 1969: 16) กล่าวว่า "ความคิดสร้างสรรค์หมายถึงกระบวนการของความรู้สึกในการรับรู้ปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องที่ขาดหายไปแล้ว เกิดความพยายามที่จะรวบรวมความคิดตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งนั้น ทำการทดสอบสมมติฐานและเผยแพร่ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานนั้นให้แก่ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจ"

2. ความคิดสร้างสรรค์ในความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความคิดตามแนวนี้มีดังเช่น

จี จี ซิมสัน (Simpson 1962: 17) กล่าวว่า "ความคิดสร้างสรรค์หมายถึง การริเริ่มที่บุคคลแสดงออกด้วยความสามารถอันเกิดจากแนวความคิดหรือกำลังความคิด

ทั้งหมดที่มีอยู่ แนวความคิดเหล่านี้จะแตกต่างไปจากแนวความคิดธรรมดา หรือแนวความคิดที่เป็นแบบแผนอยู่แล้ว และนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ"

เจ รอสแมน (Rossman 1967: 313) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาของบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. สำรวจความต้องการและปัญหาต่าง ๆ
2. กำหนดปัญหา
3. สำรวจข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
4. สร้างและค้นหาวิธีการแก้ปัญหา
5. สำรวจวิธีการแก้ปัญหาที่คิดว่าดีที่สุดหรือเป็นวิธีแปลกใหม่ที่สุด
6. พยายามสร้างแนวความคิดใหม่ ๆ ขึ้น
7. ทดสอบแนวความคิดใหม่แล้วใช้แนวความคิดนั้นในการแก้ปัญหา

วิจิตร วรุตมางกูร (2520: 40) ให้คำจำกัดความว่า "ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหายุ่งยาก เป็นการรวบรวมจินตนาการจากสิ่งที่เรารู้แล้วให้เป็นสิ่งใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์"

3. ความคิดสร้างสรรค์ในความหมายที่เกี่ยวข้องกับความคิดแบบอเนกนัย ผู้ที่มีความคิดตามแนวนี้มีดังเช่น

เจ พี กิลฟอร์ด (Guilford 1959: 389) กล่าวว่า "ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมอง เป็นความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งประกอบด้วย ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency)"

โจเซฟ พี ไรซ์ (Rice 1970: 75) ให้ความหมายในทำนองเดียวกันว่า "ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถขั้นสูงของสมอง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความคิดอเนกนัย และความสามารถในการประเมินค่า (Evaluative Ability)"

4. ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโยงสัมพันธ์ (Associative Theory) ซึ่งมีแนวความเชื่อว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการอันหนึ่งที่อยู่ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง มีผู้ศึกษาตามแนวนี้หลายคน ดังเช่น

มิเชล เอ วอลแลช และ นาธาน โคแกน (Wallach and Kogan 1965: 19) กล่าวว่า "ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถที่คิดแบบโยงสัมพันธ์ (Association) คือ เมื่อระลึกถึงสิ่งใดได้ก็จะเป็นสะพานให้ระลึกถึงสิ่งอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันได้ต่อไปเป็นลูกโซ่"

จากแนวความคิดต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วอาจสรุปรวมได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสมรรถภาพด้านหนึ่งของสมองในการคิดสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ แล้วบุคคลนั้นจะแปรความคิดนั้นออกมาเป็นผลผลิตอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเป็นการกระทำเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยมีสิ่งเร้าและประสบการณ์เดิมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดความคิดในลักษณะที่เป็นการคิดแบบหลายทิศทาง และการคิดแบบโยงสัมพันธ์

สำหรับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความหมายใกล้เคียงกับความคิดสร้างสรรค์โดยทั่ว ๆ ไป จะแตกต่างกันในข้อปลีกย่อยที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของความคิด และการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา รวมทั้งค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา โดยบุคคลนั้นจะต้องทราบถึงหลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (process of science) ซึ่งประกอบด้วย การมีทักษะในการสังเกต ตั้งปัญหา ค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา รวบรวมความรู้เพื่อดำเนินการทดลองหลาย ๆ ครั้ง ไม่ว่าผลที่ออกมาจะล้มเหลวหรือไม่ก็ตาม (Piltz and Sund 1968: 8-9) หรือความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงความคิดริเริ่ม ความยืดหยุ่น และความคล่องในการคิดแก้ไขปัญหาต่าง ๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ทัศนีย์ บุญเติม 2526: 33)

2. <u>บุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์</u>

เกี่ยวกับบุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้น เรมอนด์ เอฟ เกล (Gale 1967: 433) ได้อ้างถึงคำกล่าวของทาบา (Taba) ที่ว่า "คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะมีความสนใจในสุนทรียภาพ และมีหลักเกณฑ์ทางทฤษฎีสูง จะรับประสบการณ์ทุกอย่างแต่ยังไม่ปรุงแต่งทันทีแต่จะค่อย ๆ สร้างสิ่งต่าง ๆ จากประสบการณ์เก่าที่มีอยู่ในตัวอย่างอิสระ" ส่วนอาร์เธอร์ ที เจอร์ซิลด์ (Jersild 1968: 500) ได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า "ลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้น คือ เป็นผู้ที่คิดหลายแง่หลายมุม หลายแนวทางจากประสบการณ์เก่าและประสบการณ์ใหม่ และไม่ยึดถือว่ามีคำตอบเดียวเท่านั้นที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง แต่จะพิจารณาหลาย ๆ คำตอบที่อาจจะเป็นไปได้" ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ อี พอล

ทอร์แรนซ์ (Torrance 1969: 16) ที่ว่า "ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะภายในตัวบุคคล ที่จะคิดหลาย ๆ แง่ หลาย ๆ มุม ประสมประสานกันจนได้ผลผลิตใหม่ ๆ ซึ่งจะต้องถูกต้องสมบูรณ์"

โรเบรท์ บี ซันด์ (Sund 1967: 204) สรุปคุณลักษณะของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า "คนที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้นจะเป็นบุคคลที่อยากรู้อยากเห็น มีปัญญา ปรารถนาที่จะค้นพบ ชอบงานยาก ๆ รู้สึกสนุกกับการแก้ปัญหา มีความพยายามและอุทิศตนให้กับงาน มีความคิดยืดหยุ่น มีความสามารถในการตอบสนองปัญหาได้เร็ว มีนิสัยที่จะคิดหาคำตอบ สามารถสังเคราะห์และมองเห็นความหมายใหม่ ๆ ได้"

สวัสดิ์ จงกล (2512: 620) ทำการศึกษาพบว่า "ผู้มีความคิดสร้างสรรค์จะมีคุณสมบัติดังนี้ มีความเห็นเป็นของตัวเอง รู้จักยืดหยุ่น มีความคิดที่คล่องและต่อเนื่อง รู้จักปะติดปะต่อเรื่องราวและแสดงออกได้ดี มีความสามารถที่จะจับปัญหา ตั้งสมมติฐาน และรู้จักแก้ปัญหา การรู้จักสังเคราะห์ รู้จักพิจารณาอย่างใส่ใจ รู้จักขยายความและประเมินผล"

เจ ดับลิว ออสเบอร์น (Osburn 1971: 37) กล่าวถึง บุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ว่า "เป็นคนที่มีความฉับไวในการรับรู้ปัญหา มีแรงกระตุ้นที่จะรวบรวมความรู้และจินตนาการในรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจน" กิลฟอร์ด (Guilford 1967: 20) มีความเห็นคล้ายกันในแง่ที่ว่า "คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ จะต้องมีความฉับไวในการมองเห็นและรับรู้ปัญหา สามารถเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น ตลอดจนสร้างหรือแสดงความคิดใหม่ ๆ และปรับปรุงให้ดีขึ้น"

โจเซฟ พี ไรซ์ (Rice 1970: 69) กล่าวถึง บุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. มีความสามารในการประยุกต์ มีการตอบสนองที่แสดงถึงความคิดริเริ่ม ความยืดหยุ่น

2. มีไหวพริบ

3. มีอิสระในการคิดและการกระทำ

4. สนใจที่จะมีประสบการณ์ในสิ่งต่าง ๆ สังเคราะห์สิ่งที่ได้พบเห็น รวบรวมเข้ากับความรู้สึกภายในใจ

5. มีความสามารถในการหยั่งรู้

6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีและคุณค่าของความงาม (Aesthetics Values)

7. เข้าใจความมุ่งหมายของสิ่งต่าง ๆ

8. เข้าใจสถานภาพของตนเองในขบวนการที่ตนเองมีส่วนร่วม

ศรีปริญญา รามโกมุท (2515: 393) สรุปบุคลิกภาพของผู้มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้ คือ

1. มีความต้องการความสำเร็จสูง (High Need Achievement) กล่าวคือ มีความรู้สึกสนุกในการที่ได้ประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่แปลกกว่าที่เคยประสบมา และสนุกในการใช้ความสามารถของตนแก้ปัญหาเหล่านั้น

2. มีความต้องการเป็นตัวของตัวเอง (High Need Autonomy) คือ ต้องการจะวินิจฉัยปัญหา และตัดสินใจด้วยตัวของตัวเอง ในเวลาเดียวกันมิได้กระวนกระวายใจเท่าไรนักว่า บุคคลอื่นจะเห็นว่าตนเป็นอย่างไร ถือเอาการวินิจฉัยหรือประเมินค่าด้วยตนเองเป็นสำคัญ

3. มีความต้องการความเป็นระเบียบ (High Need Order) ในความหมายที่ว่าสามารถอดทนต่อความไม่เป็นระเบียบ ความสับสนต่าง ๆ โดยไม่รู้สึกเดือดร้อน เพราะมีความรู้สึกอยู่ว่า ความเป็นไปในโลกมีกฎเกณฑ์ของมัน ซึ่งกำหนดความเป็นระเบียบอยู่แล้ว แม้ในความสับสน และไม่เป็นระเบียบที่ประสมอยู่ มันมีกฎเกณฑ์ของมันอยู่ในตัวแล้ว บุคคลประเภทนี้เป็นบุคคลมีใจกว้าง ยอมรับปรากฏการณ์ที่ขัดแย้งกับความเชื่อหรือความเข้าใจของคนอื่นมาพิจารณาเพื่อหาเหตุผล และความเข้าใจให้กว้างขวางออกไป

ดังนั้น พอจะกล่าวได้ว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้น มีความสามารถในการหยั่งรู้ช่างสังเกต ชอบคาดคะเนหรือเดาเหตุการณ์ล่วงหน้า มีความยืดหยุ่นในการคิด ไม่ยึดมั่นถือมั่นในสิ่งใดเกินไป มีความเป็นอิสระ กล้าคิดในสิ่งแปลกใหม่ อยากรู้อยากเห็น กระตือรือล้น ชอบคิดและตั้งสมมติฐานในการทำงาน มีความสามารถอย่างฉับไวในการรับรู้ปัญหา สนุกกับการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดหลายทาง

3. <u>กระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์</u>

ลักษณะของกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์นั้นได้มีผู้วิเคราะห์ไว้หลายท่านดังนี้

ไมเคิล เอ วอลลาส (Eson 1966: 15 citing Wallas) กล่าวว่า กระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้น คือ

1. ขั้นเตรียม (preparation) เป็นขั้นเกิดความรู้สึกอยากรู้ อยากศึกษา อยากให้คำจำกัดความ อยากสำรวจ หรืออยากทำความกระจ่างกับปัญหาต่าง ๆ

2. ขั้นการก่อตัว (incubation) ในขั้นนี้จะทำให้บุคคลต้องอ่าน อภิปราย สำรวจ สร้างสูตร หรือกฎ เพื่อหาคำตอบให้กับปัญหา แล้วจะเกิดการวิจารณ์และวิเคราะห์ว่าคำตอบใดดีกว่า มีประสิทธิภาพมากกว่า เป็นต้น

3. ขั้นทำให้กระจ่าง (illumination) เมื่อได้วิเคราะห์คำตอบแล้ว ก็จะเกิดความสว่างจุดขึ้นในความคิด ทำให้เกิดการหยั่งรู้ขึ้น

4. ขั้นปรับปรุงผลงาน (revision) เป็นขั้นที่มีการทดลอง ตรวจสอบความสมบูรณ์ของความคิด ซึ่งในขั้นนี้จะทำให้เกิดผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ กฎ สูตร หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

อี ดี ฮัทชินสัน (Hutchinson 1949: 42-44) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เกิดจากกระบวนการหยั่งรู้ (intuition) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียม (The Stage of Preparation) เป็นการรวบรวมประสบการณ์เก่า ๆ รู้จักลองผิดลองถูก และตั้งสมมติฐาน เพื่อแก้ปัญหา

2. ขั้นคิดแก้ปัญหา (The Stage of Frustration) เป็นระยะของการครุ่นคิด แก้ปัญหา แต่ยังคิดไม่ออก

3. ขั้นเกิดความคิด (The Period of Insight) เกิดความคิดแวบขึ้นในสมองคิดหาคำตอบได้

4. ขั้นพิสูจน์ (The Stage of Verification) เป็นการตรวจสอบประเมินผล โดยใช้กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อดูว่าคำตอบที่คิดได้นั้นถูกต้องหรือไม่

โรนัลด์ ดี แอนเดอร์สัน (ศันสนีย์ 2518: 15 อ้างอิง Anderson) ได้ขยายกระบวนการสร้างสรรค์เป็น 6 ขั้น

1. มีความสนใจและรู้ถึงความต้องการของจิตใจและสมอง

2. สามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์และสิ่งที่สนใจ

3. ไตร่ตรองถึงการวางแผนงาน โครงร่าง และรูปแบบของงาน

4. เกิดจินตนาการ

5. สร้างจินตนาการให้เป็นความจริง และแสดงผลออกมาให้เห็นได้ชัด

6. รวบรวมความคิดแสดงออกมาในรูปของผลงาน

สำหรับนักการศึกษาของไทยนั้น นิพนธ์ จิตต์ภักดี (2523: 17-18) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า มี 4 ขั้น คือ

1. ขั้นเตรียม คือ ขั้นรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ โดยอาศัยพื้นฐานของกระบวนการดังนี้

1.1 การสังเกต นักคิดสร้างสรรค์จำเป็นต้องเป็นนักสังเกตที่ดี ทึ่งและสนใจต่อสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ที่ได้พบเห็นเสมอ

1.2 การจำแนก หมายถึง การจำแนกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเป็นหมวดหมู่ เพื่อใช้เป็นแนวทางลำดับแนวความคิดต่อไป

1.3 การทดลอง เป็นหัวใจของการสร้างสรรค์งาน และผลของการทดลองจะเป็นข้อมูลสำหรับคิดสร้างสรรค์ต่อไป

2. ขั้นฟักตัว เป็นขั้นที่ใช้เวลาสำหรับการครุ่นคิดโดยอาศัยข้อมูลที่รวบรวมได้ไว้เป็นแนวความคิด ปกติขั้นนี้จะใช้เวลานานพอสมควร

3. ขั้นคิดออก ขั้นนี้เป็นขั้นของการแสดงภาวะสร้างสรรค์อย่างแท้จริง คือ สามารถมองเห็นลู่ทางในการริเริ่มหรือสร้างสรรค์งานอย่างแจ่มชัดโดยตลอด

4. ขั้นพิสูจน์ คือ ขั้นของการทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องแน่นอนเป็นกฎเกณฑ์ต่อไป

พาเนส (วิจิตร วรุตบางกูล 2520: 46 อ้างอิง Parnes) กล่าวว่ากระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ต้องขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. ความรู้พื้นฐาน (individual's knowledge) คนจะมีความคิดสร้างสรรค์ในเรื่องใด เขาจะต้องมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นมาพอสมควร

2. จินตนาการ (imagination) คือ ความสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้แปลก ๆ ใหม่ ๆ

3. การพิจารณาตัดสิน (judgement) ต้องมีการใช้วิจารณญาณวิเคราะห์ได้ว่าวิธีแก้ปัญหาใดสามารถนำไปปฏิบัติได้ และให้ประโยชน์มากที่สุด

พอจะสรุปได้ว่า กระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์นั้นประกอบด้วย ขั้นเตรียมในขั้นนี้ต้องอาศัยพื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นไตร่ตรองและครุ่นคิด ขั้นเกิดความคิด ขั้นพิสูจน์และปรับปรุง ผลที่ได้จากกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ คือ ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ กฎ หลักหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กฎเกณฑ์หรือแนวทางต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และสิ่งที่จะช่วยให้เกิดกระบวนการเหล่านี้ คือ ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ การพิจารณาตัดสิน

4. <u>การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์</u>

ความคิดสร้างสรรค์สามารถจะพัฒนาขึ้นได้ เพราะมนุษย์ทุกคนมีความคิดสร้างสรรค์อยู่ในตัวในระดับมากน้อยที่แตกต่างกัน การพัฒนาความสามารถด้านนี้ให้สูงขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่จัดขึ้นเพื่อให้เกิดสภาวะหรือสถานการณ์ที่เหมาะสมที่ก่อให้เกิดความคิด รวมทั้งวิธีการที่คนได้รับการฝึกฝนมา และก็เป็นหน้าที่ของทางโรงเรียนที่จะจัดสถานการณ์และประสบการณ์

จัดการแนะแนว เพื่อช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาความสามารถด้านนี้อย่างเต็มที่ (โชติ เพชรชื่น 2522: 97-98)

ดังนั้น บทบาทของครูจึงเป็นส่วนสำคัญต่อการส่งเสริมพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน อี พอล ทอร์แรนซ์ (Torrance 1964: 47) ให้หลักการสำหรับครูที่จะใช้ในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ คือ

1. ยอมรับและเอาใจใส่ต่อคำถามแปลก ๆ ของเด็ก ครูไม่ต้องกลัวว่าการเดาของเด็กเกี่ยวกับปัญหาและวิธีแก้ปัญหานั้นจะถูกหรือผิด แต่จะต้องช่วยกระตุ้นให้เด็กได้วิเคราะห์และค้นหา เพื่อพิสูจน์การเดา โดยใช้พื้นฐานจากการสังเกต และประสบการณ์ของเด็กเอง
2. ยอมรับและเอาใจใส่ต่อความคิดแปลก ๆ ของเด็ก
3. แสดงให้เด็กเห็นว่าความคิดนั้นมีคุณค่า ทำให้มีการเสริมแรงภายใน (intrinsic rewards) เกิดขึ้น
4. จัดเตรียมโอกาสเพื่อการฝึกหัดหรือการเรียนรู้ โดยไม่ต้องประเมินผล (period of nonevaluated practice or learning) เด็กอาจจะต้องการเวลาซึ่งสามารถเรียนได้โดยไม่ต้องคอยพะวงต่อการประเมินผล

โรนัลด์ ดี แอนเดอร์สัน (Anderson 1970: 60) ให้ข้อเสนอแนะสำหรับครูเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ไม่สนับสนุนให้มีการกระทำที่เหมือน ๆ กัน
2. ส่งเสริมความพยายามทางการสร้างสรรค์โดยยอมรับข้อเท็จจริงและหลักปฏิบัติต่าง ๆ
3. ให้การรับรองความสามารถของเด็กในการเสนอแนะสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การสะสมข้อมูล การลงข้อวินิจฉัย การวางหลัก และการสรุปผลต่าง ๆ
4. พยายามจัดหาโอกาสสำหรับเด็กในการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อการมองเห็นปัญหา และวิธีการที่เป็นไปได้ในการค้นหาคำตอบ
5. รักษาความอยากรู้อยากเห็นของเด็กให้คงอยู่
6. สนับสนุนการสืบสวนสอบสวน
7. การทำงานเป็นทีมไม่ควรจะได้รับการเน้นมากนัก
8. ให้เด็กมีโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วม และทำการทดลองมากเท่าที่จะทำได้
9. เด็กทุกคนไม่จำเป็นต้องมีการปฏิบัติในกิจกรรมที่เหมือนกัน
10. ส่งเสริมนักเรียนให้มีทัศนคติที่ดี
11. แสดงตัวอย่างการทำงานอย่างสร้างสรรค์ให้นักเรียนดู
12. กระตุ้นจินตนาการของเด็กโดยการถามคำถามให้เขาคิด

13. ทำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

14. จัดเตรียมหรือให้นักเรียนทำแผนภูมิการค้นพบทางวิทยาศาสตร์

15. ทำการสะสมบทเรียนของการค้นพบ การพิจารณาการสืบสวนสอบสวน การทดลอง การสืบสวน และพิสูจน์ความคิดที่เป็นไปได้ในการประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ

เกรีย์ เอ เดวิส (Davis 1971: 30-33) ได้สรุปแนวทางที่ครูจะช่วยให้ความคิดสร้างสรรค์ในตัวเด็กพัฒนาขึ้นได้มีอยู่ 3 ประการ คือ

1. การใช้กลวิธีสร้างสรรค์ (Use of Creative Tactics) การสอนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์นั้นมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนรู้จักการยืดหยุ่นได้ (flexibility) และเป็นคนใจกว้างยอมรับฟังสิ่งแปลกใหม่ (open mindedness) สอนวิธีการบางอย่างเพื่อให้รู้จักนำไปประกอบกันเป็นความคิดใหม่ ๆ ให้เกิดแรงจูงใจที่จะนำความสามารถในตัวออกมาใช้ให้มากที่สุด

2. การเรียนรู้ความคิดสร้างสรรค์โดยการปฏิบัติจริง (Learning Creativity by Doing Creativity) ครูที่สอนต้องปฏิบัติอย่างสร้างสรรค์ด้วย ซึ่งจะทำได้ดีก็ต่อเมื่อทำความคุ้นเคยกับนักเรียน รู้จักยืดหยุ่นได้ และใจกว้างพอที่จะรับฟังความคิด การแก้ปัญหาอย่างจินตนาการของนักเรียนได้

3. บรรยากาศที่สนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ (Creative Atmosphere) สภาพในห้องเรียนนั้นต้องเอื้ออำนวยให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างเสรี เพื่อให้เกิดความคิดที่เป็นจินตนาการแปลก ๆ ความคิดประหลาดเป็นเรื่องน่าขบขันก็จริง แต่อาจเป็นความจริงได้ ทั้งความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่างเป็นเรื่องขบขันเช่นกัน

ศันสนีย์ (2518 : 15) กล่าวถึงบุคลิกภาพของครูที่จะช่วยให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้นั้นมีดังนี้

1. ครูต้องรู้จักคุณค่าของตัวเอง จะต้องเป็นคนที่ไม่เห็นแก่ตัว และไม่ถือตัว พร้อมทั้งมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นเสมอ

2. จะต้องเป็นผู้รู้จักเสียสละในการทำงานเพื่อส่วนรวม

3. มีความอดทนอดกลั้นไม่ท้อแท้เมื่อประสบปัญหายุ่งยากและสามารถแก้ไขปัญหาด้วยตนเองได้สำเร็จ

4. ปรับปรุงตนเองอยู่เสมอในด้านการสอน มีความสนใจต่อเหตุการณ์รอบตัวเอง

5. มีความกระฉับกระเฉงมีความคล่องแคล่วในการทำงาน

6. ตระหนักอยู่เสมอว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักเรียน และเกิดขึ้นได้เสมอทุกโอกาส

7. พร้อมที่จะรับฟังความคิดเห็นของนักเรียนทุกด้าน เมื่อนักเรียนมีความคิดที่แปลกหรือผิดจากผู้อื่น จะต้องไม่ตำหนิว่า เด็กนอกลู่นอกทาง

8. มีความรู้ความสามารถ และสติปัญญาพร้อมที่จะคิดค้นหาความสำเร็จที่แปลกใหม่อยู่เสมอ

9. มีอิสระในการสร้างบรรยากาศที่จะอำนวยผลให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในทุกโอกาส

10. คำนึงถึงปัญหาที่ตามมาพร้อมทั้งสามารถรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นมาสร้างประโยชน์ให้เด็กรู้จักคิดในด้านสร้างสรรค์ ครูที่มีความคิดสร้างสรรค์ดีจะต้องเป็นตัวของตัวเองเสมอ จะต้องมีจิตใจกว้างขวางยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความเชื่อมั่นในตนเองสูง และต้องเข้าใจว่าเด็กแต่ละคนไม่เหมือนกัน เมื่อครูได้ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดีแล้ว ย่อมก่อให้เกิดสัมฤทธิผลทางการเรียนการสอนเป็นอย่างดี

วิธีสอนที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์นั้น เจ ซี คาร์เตอร์ (Carter 1967: 686) กล่าวเน้นว่า "ครูที่ใช้บรรยากาศในการสอนในห้องเรียนโดยใช้การสืบสอบจะเร้าให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ เกิดความอยากรู้อยากเห็น และเจริญเติบโตเป็นพลเมืองที่ดีต่อไปในอนาคต" ฮาร์โรลด์ ดับลิว เบอร์นาร์ด (Bernard 1972: 305) มีความเห็นที่คล้ายกันโดยกล่าวว่า "ควรจะชักชวนให้นักเรียนเข้าสู่บรรยากาศแบบสืบสอบ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้สำรวจและค้นพบโดย การคิด อ่าน และทำการทดลองด้วยตนเอง และลักษณะของบทเรียนที่สอนควรจะเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน และเปิดโอกาสให้ครู และนักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน"

เจ ดับลิว เกทเซล และ พี ดับลิว แจคสัน (Getzels and Jackson 1962: 91) กล่าวว่า "วิธีที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์นั้น คือ การหัดแก้ปัญหา" นาธาน เอส วอชตัน (Washton 1963: 23) เสนอแนะไว้ในแนวเดียวกับ เกทเซล และ แจคสัน ว่า "วิธีสอนที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรใช้วิธีการแบบ "การแก้ปัญหา" โดยนักเรียนควรมีกิจกรรมดังนี้ พิจารณาปัญหาให้ได้ เสนอและเลือกสมมติฐาน ทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ประเมินข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และลงข้อสรุปหรือตัดสิน"

ฮาร์โรลด์ ดับลิว เบอร์นาร์ด (Bernard 1972: 302) แสดงความคิดเห็นไว้แตกต่างออกไปว่า "การสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นั้น ควรใช้การสอนแบบระดมพลังสมอง (brainstorming) เพราะวิธีนี้สมาชิกในกลุ่มจะถูกกระตุ้นเร่งเร้า ให้เสนอแนะแนวความคิดของตน หรืออาจใช้วิธีสอนเป็นทีมก็มีส่วนในการทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์"

เอ เอ ราฟ (Raouf 1973: 2263-A) ศึกษาพบว่า วิธีสอนที่กระตุ้นให้เกิดพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์นั้นจะประกอบด้วยเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้คำถามแบบหลายแง่หลายมุม
2. การสอนแบบสืบสวนสอบสวน และการสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง
3. การสอนแบบระดมพลังสมอง
4. ปริศนารูปภาพ เกมส์ทางวิทยาศาสตร์
5. การเปรียบเทียบ
6. การใช้ความเห็นที่ขัดแย้งกัน
7. การใช้จินตนาการ และความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่อาจเป็นไปได้ต่าง ๆ
8. การประดิษฐ์เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองจากวัสดุอุปกรณ์ที่ได้จากสิ่งแวดล้อม
9. การเดาจากร่องรอยที่มีขอบเขตจำกัด
10. การทำนาย
11. บัญชีรายชื่อคุณลักษณะต่าง ๆ
12. ความรู้สึกบกพร่องต่าง ๆ
13. การเขียนชื่อเรื่องที่ผิดธรรมดา สำหรับนิทาน ภาพยนต์ . . . ฯ

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายอย่าง คือ วิธีการเรียนการสอน บรรยากาศในห้องเรียน ตลอดจนหลักการและบุคลิกภาพของครู คือ ครูต้องยอมรับและเอาใจใส่ต่อความคิดของนักเรียน ให้โอกาสนักเรียนเพื่อการมองเห็นปัญหาและวิธีการที่เป็นไปได้ในการค้นหาคำตอบ เน้นความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดี ให้โอกาสนักเรียนเพื่อจะได้มีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ครูต้องปรับปรุงตัวเองอยู่เสมอในด้านการสอน ให้ความสนใจต่อเหตุการณ์รอบตัว พร้อมทั้งสร้างบรรยากาศให้เป็นอิสระ ไม่เคร่งเครียดจนเกินไป เพื่อส่งเสริมพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ จัดกระบวนการเรียนการสอนเป็นแบบการแก้ปัญหา หรือการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองให้กับนักเรียน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจกันมากในวงการศึกษา ดังจะเห็นได้จากผลงานวิจัยซึ่งจะนำเสนอต่อไปนี้

จอห์น ที เบนต์ลี (Bently 1965: 269-272) ได้ศึกษาเรื่องความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงวิชาการ โดยใช้นิสิตมหาวิทยาลัยมินเนโซตา จำนวน 75 คน ชาย 59 คน หญิง 16 คน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ความจำ ความคิดหลายทาง (Divergent Thinking) ความคิดทางเดียว (Convergent Thinking) และการประเมินค่า ส่วนเครื่องมือที่ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ คือ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ มินเนโซตา ฟอร์ม เอกซ์

ผลการศึกษาปรากฏว่า ความรู้ ความเข้าใจ ความจำ ไม่สัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ ส่วนความคิดหลายทาง และการประเมินค่ามีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์สูง

เรน เวเตอร์ (Water 1965: 6753-A) ศึกษาผลของความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นนักเรียนจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียร์ (California University) 138 คน แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ฉบับ ของกิลฟอร์ด (Guilford) กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงและต่ำ แล้วนำมาทดสอบการแก้ปัญหา

ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงทำคะแนนในการแก้ปัญหาได้สูงกว่านักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เจ ซี คาร์เตอร์ (Carter 1967: 686-688) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนในลักษณะที่ครูเป็นใหญ่ (Authoritarian - Approach) กับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Approach) ได้พบข้อสังเกตว่า วิธีสอนในลักษณะครูเป็นใหญ่ กิจกรรมของครูมีโครงสร้างตามตำรา (Cookbook Approach) มีคำตอบตายตัว ง่ายต่อการควบคุม แต่ถ้าเป็นครูที่ยึดการสอนแบบสืบสวนสอบสวนจะไม่ควบคุมกิจกรรมให้ตายตัว ไม่มีการบรรยายตามแบบแผน (Formal Lecture) ครูทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการหรือผู้จดบันทึกข้อมูล เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่า ครูที่สร้างบรรยากาศการสอนแบบสืบสวน-สอบสวน จะสังเกตเห็นความเจริญงอกงามข่องความยืดหยุ่นในความคิดสร้างสรรค์ และความอยากรู้อยากเห็นปรากฏในตัวนักเรียน

เคนเนธ คอล์ลินส์ (Collins 1969: 614-619) ศึกษาแบบแผนการสอนโดยวิธีใช้ความคิดแบบสอบสวน (Inquiry Model of Teaching) กับนักศึกษาไฮสกูลปีหนึ่ง จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย 4 ครั้ง ครั้งละ 45 นาที เนื้อหาที่ใช้อภิปรายเป็นปัญหาทางตรรกวิทยา และเรื่องของเซท (Set Theory) ทั้ง 2 กลุ่ม ใช้แบบสอบความคิดแบบสอบสวนชุดเดียวกัน แต่กลุ่มทดลองครูช่วยกระตุ้นให้ใช้ความคิดแบบสอบสวนอย่างเข้มงวด ตลอดจนพัฒนาการด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดภาพยนต์ ตั้งปัญหาและข้อความที่เกี่ยวกับการคิดให้ ส่วนกลุ่มควบคุมนักศึกษาค้นคว้าเอง เมื่อจบการอภิปรายครั้งที่ 4 ก็นำแบบทดสอบปัญหาทางตรรกวิทยามาทดสอบ จำนวน 8 ข้อ

ผลการศึกษาปรากฏว่า กลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 6 คะแนน กลุ่มควบคุมได้ 5 คะแนน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

เกรเกอร์ เอ แรมซี่ (Ramsey 1969: 25-33) ทดลองฝึกความคิดสร้างสรรค์กับนักเรียนชั้น 6 โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองให้ทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ 26 ครั้ง กับให้ทุกคนพูดออกมาเท่าที่จะคิดได้ตามที่มีความคิดแวบเข้ามาในสมองอีก 4 ครั้ง ส่วนกลุ่มควบคุมให้ทำแบบฝึกหัดเพียงอย่างเดียว 30 ครั้ง

ผลการศึกษาปรากฏว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิลเลี่ยม เจ วอล์คเกอร์ (Walker 1969: 243-246) ได้สำรวจบุคลิกภาพของครูจำนวน 125 คน จากโรงเรียนที่มีบรรยากาศส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ คือ โรงเรียนที่ยอมรับความเป็นเอกลักษณ์ในการรับรู้และการคิด เปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงความคิดอันเป็นของตัวเองโดยเฉพาะ เด็กได้ทดลอง ได้ริเริ่ม และประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ กับโรงเรียนที่มีบรรยากาศไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ คือ สอนเน้นความรู้ด้านเนื้อหา การท่องจำข้อเท็จจริงตามหลักสูตร เด็กเรียนและทำตามคำชี้แจงของครู

ผลปรากฏว่าครูในโรงเรียนที่มีบรรยากาศส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เป็นผู้มีความเคร่งครัดน้อยกว่าครูในโรงเรียนที่มีบรรยากาศไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

มิเชล บราวน์ (Brown 1971: 57-61) ศึกษาผลของความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ของครูที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยตั้งโครงการความคิดสร้างสรรค์ขึ้นโดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนากลวิธีการสอน (Teaching Strategies) เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น ในปีแรกของโครงการมีโรงเรียนเข้าร่วม 2 โรงเรียน โดยส่งครูเข้ามาทำงานโครงการแห่งละ 8 คน ครูทั้ง 8 คน สอนตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงชั้น ป.6 เขากำหนดขั้นการทำงานไว้ 3 ขั้น คือ

1. เน้นให้ครูมีความเข้าใจในกระบวนการทางจิตวิทยาของความคิดสร้างสรรค์ โดยจัดหาหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ให้ มีการอภิปรายเกี่ยวกับยุทธศาสตร์การสอนที่เกี่ยวของกับวัตถุประสงค์ในการสอน วิธีการสอน และเนื้อหาวิชา

2. เน้นให้ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้เหมาะสมกับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์

3. หันกลับมาใช้วิธีการขั้นที่ 1 อีก เพื่อเป็นการปรับความคิดและอารมณ์ของครูที่เข้าร่วมโครงการให้เป็นแนวเดียวกัน

หลังจากได้รับการอบรมตามโครงการแล้ว ครูจะกลับไปสอนในโรงเรียนหลังจากนั้น บราวน์ (Brown) ศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่สอนโดยครูในโครงการและครูที่ไม่ได้ร่วมในโครงการ

ผลที่ได้ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เขาได้สอบถามครูที่เข้าร่วมโครงการพบว่า ครูส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงวิธีสอนจากการสอนแบบเดิมมาเป็นให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยการค้นพบด้วยตนเอง (discovery approach) ลดการกระทำต่าง ๆ ที่เป็นการบังคับ หันมาสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้อยู่ในสภาพที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำการทดลองค้นคว้าด้วยตนเองโดยไม่ต้องกลัวว่าจะประสบความล้มเหลว

โธมัส กิลเบริต เรด (Reid 1978: 779-A) ศึกษาผลการสอน 2 แบบ คือ การสอนโดยให้รายละเอียดโดยตรง (direct detailed) กับการสอนแบบแนะนำให้เกิดการค้นพบด้วยตนเอง (directed discovery) ใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ (Torrance)

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการสอนแบบแนะนำให้เกิดการค้นพบด้วยตนเองจะมีความสามารถเพิ่มขึ้นทั้งในความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม โดยทำคะแนนได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยให้รายละเอียดโดยตรง

จอห์น โรเบิรท์ แอนเดอร์สัน (Anderson 1973: 185-A) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิริยาร่วมในห้องเรียน สัมฤทธิผลทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับ 6

ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถทางการสร้างสรรค์สามารถพิจารณาได้จากผลผลิตและกระบวนการในการแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถนี้อาจส่งเสริมได้โดยคุณภาพของกิริยาร่วมทางวาจาในห้องเรียน และการส่งเสริมความสามารถทางการสร้างสรรค์นี้จะไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสัมฤทธิผลทางการเรียนแต่อย่างไร

จอห์น เอดวารด์ โนวินสกี้ (Novinsky 1974: 3399-A) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถม และความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์และทัศนคติของนักเรียนเกรด 5 ในสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งเด็กออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจะศึกษาโปรแกรมทางความคิดใหม่ ๆ จากความคิดของคณะกรรมการเกี่ยวกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ การสังเกต การทดลองใช้ทักษะและกระบวนทางวิทยาศาสตร์ การเน้นที่การสืบสวน-สอบสวน ไม่ใช้ตำราเรียน ส่วนกลุ่มควบคุมประกอบด้วยปาฐกถา การสาธิต การทดลอง การท่องจำ และการกำหนดตำราเรียนให้อ่าน

ผลการทดลองพบว่า มี 4 แบบทดสอบย่อยจากทั้งหมด 7 แบบทดสอบย่อยของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เป็นกลุ่ม (group test of creativity) ที่กลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดอริส เอจี ไซโมนิส (Simonis 1978: 779-A) ศึกษาเกี่ยวกับการกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยไอโอวา (Iowa) ซึ่งกำลังเรียนวิทยาศาสตร์โดยครูดำเนินการสอนแบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง แบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองใช้การสอนแบบระดมความคิด และฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถในด้านการคิดอย่างมีเหตุผล (Analogical thinking) ใช้แบบทดสอบของทอร์แรนซ์

ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม

นาเดีย มาห์เมานด์ ชาเลย์ เชอร์รีฟ (Sherief 1979: 172-A) ได้ศึกษาเพื่อต้องการจะสำรวจบรรยากาศในห้องเรียนที่มีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถม สร้างบรรยากาศในห้องเรียนเป็น 2 แบบ คือ บรรยากาศที่เป็นแบบเสรี กับบรรยากาศที่มีการจำกัดกิจกรรม

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีบรรยากาศแบบเสรี มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่มีบรรยากาศในห้องเรียนแบบจำกัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซิดนีย์ เจ พาร์เนส (Parnes 1963: 314-339) ได้เปรียบเทียบการหาวิธีแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็ก โดยให้กลุ่มหนึ่งใช้วิธีระดมสมอง (Brainstorming) คือ ให้ทุกคนพูดออกมาเท่าที่คิดได้ ให้พูดตามที่มีความคิดแวบเข้ามาในสมอง โดยไม่มีการวิจารณ์ว่าเป็นวิธีที่ดีหรือไม่ดี ตรงจุดหรือไม่ตรงจุด ส่วนกลุ่มที่สอง ได้เสนอวิธีคิดแก้ปัญหาเฉพาะความคิดที่ดีและตรงจุด หรือมีความสัมพันธ์กับเรื่อง เมื่อให้กลุ่มทั้งสองแก้ปัญหาอย่างหนึ่งในระยะเวลาเท่ากัน

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ใช้วิธีระดมสมอง มีความคิดแก้ปัญหาได้มากกว่าและได้ผลดีกว่ากลุ่มที่จะต้องออกความคิดเฉพาะความคิดที่ดี ตรงจุด และเกี่ยวเนื่องเท่านั้น

<u>งานวิจัยในประเทศ</u>

อรทัย เศรษฐสักโก (2514) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน (Inquiry) กับความคิดแบบอื่น ๆ (Cognitive Style) และความคิดสร้างสรรค์ (creativity) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมปีที่ 7 มีการศึกษา 2513 จำนวน 127 คน

ผลปรากฏพบว่า ความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะมีความคิดสืบสวน-สอบสวนสูงกว่านักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ปานกลางและความคิดสร้างสรรค์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บำรุง บุญยงค์ (2515) ศึกษาผลการสอนแบบสืบสวน-สอบสวนที่มีต่อความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน ความคิดสร้างสรรค์ และทัศนคติเกี่ยวกับการควบคุมจากภายนอกภายในกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมปีที่ 7 เป็นชาย 46 คน หญิง 32 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่ละกลุ่มมีนักเรียนชาย 23 คน และหญิง 16 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวน-สอบสวนชนิดครูนักเรียนเป็นผู้ถาม ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบเดิม

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน ความคิดสร้างสรรค์ด้านการคิดหลายทิศทาง และทัศนคติเกี่ยวกับการควบคุมจากภายในมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 แต่ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศิริพัฒน์ จันทรศิริ (2516) ได้ศึกษาบทบาทการสอนแบบสืบสวน-สอบสวนที่มีผลต่อพัฒนาการทางบุคลิกภาพด้านมโนภาพแห่งตน ความคิดสร้างสรรค์และการรับรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสายน้ำผึ้ง จำนวน 268 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการสอนแบบสืบสวน-สอบสวน 133 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการสอนแบบปรกติ 135 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ t-dependent ทดสอบความแตกต่างของคะแนน 2 กลุ่ม

ผลการทดลองพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดที่เป็นเอกลักษณ์สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนปรกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนในด้านความคล่องในการคิดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

มาลินี เหมะธุลินทร์ (2517) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกับกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักศึกษาชั้นปีที่ 3 โรงเรียนเพาะช่าง จำนวน 184 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน วิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ชั้น โดยแยกวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างสรรค์เป็น 3 ด้าน คือ ด้านความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม

ผลการวิจัยปรากฏว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงและกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พงษ์ชัย พัฒนผลไพบูลย์ (2518) ศึกษาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 429 คน แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงและกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำ โดยถือเกณฑ์คะแนนรวมในแต่ละหมวดวิชา คือ ศิลปศึกษา สังคมศึกษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ เป็นเกณฑ์พิจารณาในการแบ่งกลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์หมวดวิชาศิลปศึกษา สังคมศึกษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ แต่ไม่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์หมวดวิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ

ลัดดา อุตสาหะ (2518) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 3 และเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ของการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกับกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำ ตัวอย่างประชากรประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ ทัศนีย์ พฤกษชลธาร และแบบสอบสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ผลการวิจัยพบว่า

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนในด้านความคิดริเริ่ม มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงและต่ำ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุปรียา ลำเจียก (2522) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 641 คน นักเรียนชาย 305 คน นักเรียนหญิง 336 คน จากโรงเรียนรัฐบาลในเขตกรุงเทพมหานคร 9 แห่ง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ปรากฏว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุวิมล ชอบทำกิจ (2523) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 2 และศึกษาทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว เปรียบเทียบระหว่างโรงเรียนมัธยมสาธิตและโรงเรียนมัธยมสามัญ กลุ่มตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 250 คน ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนมัธยมสาธิต 100 คน และนักเรียนโรงเรียนมัธยมสามัญ 150 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนน โดยทดสอบค่าซี

ผลการวิจัยพบว่า

1. ทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนมัธยมสาธิตกับนักเรียนโรงเรียนมัธยมสามัญ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

<u>จากงานวิจัยที่กล่าวมาอาจสรุปได้ว่า</u>

1. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถทำได้โดยการฝึกอบรม การทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ หรือใช้วิธีสอนแบบตีบสวน-สอบสวน สอนแบบระดมความคิด ใช้วิธีแก้ปัญหา การค้นพบกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

2. บุคลิกภาพ และพฤติกรรมการสอนของครูมีอิทธิพลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

ของนักเรียน

3. บรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ต้องเปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงความคิดอย่างอิสระ ไม่จำกัดขอบเขต คิดออกมาทุกแง่ทุกมุมเท่าที่สามารถจะคิดได้ หรือคิดเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว เปิดโอกาสหรือกระตุ้นให้นักเรียนทำการค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง รู้จักคิดประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ และต้องเป็นบรรยากาศที่เป็นอิสระไม่เคร่งครัด

4. การสอนที่เน้นการสังเกต การทดลอง การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเน้นการสืบสอบ ไม่ใช้ตำราเรียน จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5. ความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระดับสติปัญญา ความคิดหลายทาง ความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน ความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาวรรณคดีและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการศึกษาวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับความรู้ความเข้าใจในลักษณะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ยังมีไม่กว้างขวางนัก และยังไม่เคยมีการทำวิจัยในเรื่องนี้ในประเทศไทยมาก่อน ดังนั้น จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อหาข้อเท็จจริงที่สามารถนำมาใช้ได้ในประเทศไทย ซึ่งจะเสนอขั้นตอนการดำเนินการโดยละเอียดต่อไปในบทที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย