บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษา รูปแบบความเข้าใจ เรื่อง ของไหล และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัยโดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้

2.3 แนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับการนำเสนอตัวแทนความคิด

2.5 ตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ของของไหล

2.6 รูปแบบความเข้าใจ

2.7 การคิดวิเคราะห์

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ศาสตร์หนึ่งที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากความรู้ศาสตร์อื่น ๆ โดยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มนุษย์ได้พยายามดำรงชีวิตให้อยู่รอดได้ด้วยธรรมชาติโดยใช้สมองและสติปัญญา มนุษย์ได้สังเกตและพยายามคิดวิธีการต่างๆ เพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ ธรรมชาติของมนุษย์จะไม่ยอมหยุดนิ่ง ด้วยความจำเป็นที่จะต้องเอาตัวรอดในแต่ละสถานการณ์และด้วยความมีสมองที่ฉลาดของมนุษย์นี้เอง ทำให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นให้ปรากฏการณ์ต่างๆ นำไปสู่วิธีการค้นคว้าหาความรู้จนได้คำตอบที่พอใจ และสรุปเป็นกฎ ทฤษฎี และถ่ายทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น โดยวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติซึ่งสัมพันธ์กับมนุษย์โดยตรง เพราะมนุษย์อาศัยอยู่ภายใต้ธรรมชาติ มนุษย์ใช้กระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ การสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหา ตลอดจนถึงการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและเกี่ยวข้องกับโลกมนุษย์ ทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆ เพิ่มพูนขึ้นและนำความรู้เหล่านั้นมาจัดระบบ เกิดหลักการ แนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นนั่นเอง

ความรู้และกระบวนการต่างๆก็ได้มีการถ่ายทอดต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนาน ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ เพื่อนำมาใช้อ้างอิงทั้งในการสนับสนุนเมื่อมีการค้นพบข้อมูล หรือหลักฐานใหม่ๆ หรือแม้แต่ข้อมูลเดิมเดียวกันก็อาจเกิดความขัดแย้งขึ้นได้ ถ้านักวิทยาศาสตร์แปลความหมายด้วยวิธีการหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ความรู้วิทยาศาสตร์จึงอาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายที่บอกว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์คือใคร และทำงานอย่างไร และงานทางด้านวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคมอย่างแยกไม่ออก ซึ่งก็คือ ค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด ที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการถ่ายทอดกันมาโดยอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสังคมมนุษย์ การเรียนรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อสมมุติฐาน การทดลอง หาข้อสรุป ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมได้ไม่ว่าจะอยู่ในส่วนใดของโลกวิทยาศาสตร์จึงเป็นผลจากการสร้างเสริมความรู้ของบุคคล การสื่อสารและการเผยแพร่ข้อมูล เพื่อให้เกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์ วิจารณ์ มีผลให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งและส่งผลต่อคนในสังคม และสิ่งแวดล้อม การศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงควรที่จะอยู่ในขอบเขต คุณธรรม จริยธรรม เป็นที่ยอมรับของสังคม และเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551 อ้างถึงใน ลาภิศรินทร์ บุญประเสริฐ, 2552)

ความหมายที่เป็นที่ยอมรับของนักการศึกษาด้านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันสรุปได้ว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์”เป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิดหรือคำอธิบายที่บอกว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์คือใคร ทำงานอย่างไรและงานด้านวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างไรกับสังคมค่านิยม ข้อสรุป แนวคิดหรือคำอธิบายเหล่านี้จะผสมกลมกลืนอยู่ในตัววิทยาศาสตร์และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการมองสิ่งเหล่านี้ในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิดธรรมชาติ วิธีการและขอบเขตของความรู้ของมนุษย์ (Epistemology) และในเชิงสังคมวิทยา (Sociology) (กุศลิน มุสิกุล, 2551)

สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ The American Association for the Advancement of Science (AAAS) ได้ให้กรอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ว่าประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบเข้าด้วยกัน (กุศลิน มุสิกุล, 2551) ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)

1.1 โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ (The world is understandable)

ปรากฏการณ์ต่างๆบนโลกหรือในจักรวาลที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบ สามารถทำความเข้าใจด้วยสติปัญญา วิธีการศึกษาที่เป็นระบบ ผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่างๆในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่างๆสามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ๆเกิดขึ้นได้เสมอ ไม่มีความเข้าใจใดที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด เราสามารถทำความเข้าใจโลกได้แต่ไม่สามารถเข้าใจทั้งหมดได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ วิทยาศาสตร์จึงไม่มีการปิดงานหรือมีงานใดที่เสร็จสมบูรณ์

1.2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific ideas are subject to change)

วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้นๆ ดังนั้นคำถามใหม่ๆจึงเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และส่งผลในการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งการสังเกตครั้งใหม่อาจได้ข้อมูลที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้วที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ แม้ว่าในมุมมองวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีความจริงใดที่สัมบูรณ์ที่สุด (Absolute Truth) แต่ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นจะยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์นั้นๆ ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน(Scientific knowledge is durable)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาอย่างช้าๆผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นความถูกต้องแม่นยำ เช่น การสำรวจ การสืบค้น การทดลอง สร้างแบบจำลอง อย่างต่อเนื่องซ้ำแล้วซ้ำเล่า ดังนั้นแม้ว่าวิทยาศาสตร์จะยอมรับเรื่องความไม่แน่นอน และปฏิเสธความสัมบูรณ์ว่าเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความคงทน เชื่อถือได้เพราะผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นความถูกต้องแม่นยำ และตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม (Science can not provide complete answer to all question)

หลายสิ่งหลายอย่างในโลกไม่สามารถพิสูจน์หรือตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณหรือสิ่งลี้ลับ เช่น พลังเหนือธรรมชาติ (Supernatural Power and Being) ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ (Miracle) ผีสาง (Superstition) การทำนายโชคชะตา (Fortune-telling) หรือโหราศาสตร์ (Astrology) นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์

ไม่มีหน้าที่ให้คำตอบหรืออภิปรายในเรื่องเหล่านี้ แม้ว่าคำตอบทางวิทยาศาสตร์อาจให้คำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้ก็ตาม

องค์ประกอบที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความซับซ้อนมากกว่าที่หลายคนคิด การสืบเสาะหาความรู้มีความหมายโดยนัยมากกว่าการสังเกตอย่างละเอียดแล้วจัดกระทำข้อมูล นอกจากนี้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมากกว่า "วิธีการทางวิทยาศาสตร์" หรือ "การทำการทดลอง" ที่มักถูกจำกัดให้ทำเป็นลำดับขั้นที่ตายตัว การสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จินตนาการ (Imagination) และการคิดสร้างสรรค์ (Inventiveness) และเป็นทั้งการทำงานโดยส่วนตัวและการทำงานร่วมกันของกลุ่มคน

2.1 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Science demands evidence)

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันความถูกต้องและได้รับการยอมรับจากองค์กรวิทยาศาสตร์ การทำงานทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลหนึ่ง อาจได้ค้นพบสิ่งที่ยิ่งใหญ่ แต่ความก้าวหน้าทางองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับการยอมรับขององค์กรวิทยาศาสตร์ เช่น แม้ว่าไอสไตน์จะค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. 1905 แต่การค้นพบของเขาได้รับการยอมรับในปี ค.ศ. 1919 เมื่อมีหลักฐานที่สนับสนุนแนวคิดนี้ ทั้งนี้หลักฐานเชิงประจักษ์ต่างๆอาจได้มาจากห้องทดลองซึ่งสามารถควบคุมเงื่อนไขต่างๆได้ หรือได้มาจากสถานการณ์ตามธรรมชาติซึ่งไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขได้ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่มีความถูกต้องแม่นยำจึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคนิคหรือเครื่องมือวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ และจินตนาการ (Science is blend of logic and imagination)

การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นบนโลกซึ่งต้องมีการพิสูจน์ด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ที่เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุป อย่างไรก็ตามการใช้ตรรกกะเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอต่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ จินตนาการมีส่วนสำคัญอย่างมากในการสร้างสมมติฐาน ทฤษฎี เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้นๆดังคำกล่าวของไอน์สไตน์ว่า "การมีจินตนาการอย่างมีเหตุผลมีบทบาทสำคัญในวิทยาศาสตร์"

2.3 วิทยาศาสตร์ให้การทำนายและคำอธิบาย (Science explains and predicts)

นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกต โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน เช่น ทฤษฎี

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย ในพระบรมราชูปถัมภ์

การเลื่อนของทวีป มีความน่าเชื่อถือเพราะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่นการเกิดแผ่นดินไหว ความสอดคล้องระหว่างซากฟอสซิลที่พบในทวีปต่างๆ รูปร่างต่างๆที่ต่อกันได้พอดีเหมือนภาพจิ๊กซอว์ และความสูงต่ำของพื้นทะเล เป็นต้น

นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ แล้ว วิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการทำนายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ในอนาคตหรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

2.4 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง (Science try to identify and avoid bias)

ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดใหม่ๆ นักวิทยาศาสตร์มักมีคำถามว่า “แนวคิดนี้มีหลักฐานอะไรมายืนยัน” ดังนั้นการรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียง บางครั้งหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้อาจมาจากความลำเอียง บางครั้งหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้อาจมาจากความลำเอียง อันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ การตีความหมายหรือการรายงานข้อมูล โดยเฉพาะความลำเอียงอันเกิดมาจากนักวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจมาจากเพศ อายุ เชื้อชาติ ความรู้และประสบการณ์เดิมหรือความเชื่อ ตัวอย่างเช่น มีผู้รวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมของนักวิทยาศาสตร์ชายและหญิง พบว่านักวิทยาศาสตร์ชายมุ่งเน้นที่พฤติกรรมการแข่งขันของสัตว์ตัวผู้ ส่วนนักวิทยาศาสตร์หญิงศึกษาเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในประเด็นความสำคัญของสัตว์ตัวเมียที่มีผลต่อพฤติกรรมการสร้างสังคมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถจำกัดหรือหลีกเลี่ยงความลำเอียงได้ทั้งหมด แต่นักวิทยาศาสตร์ก็ต้องการทราบถึงแหล่งที่มาและผลของความลำเอียงที่อาจมีต่อหลักฐานที่ได้ อย่างไรก็ตามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อค้นพบ นักวิทยาศาสตร์อาจใช้การทบทวนวิจารณ์จากเพื่อนนักวิทยาศาสตร์(Peer Review) เช่น การเสนอข้อค้นพบในการประชุมหรือวารสารวิชาการต่าง ๆ

2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น(Science is not authoritarian)

วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับนับถือการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น และเชื่อว่าไม่มีบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนไหน ไม่ว่าจะมีชื่อเสียงหรือหน้าที่การงานสูงเพียงใดที่จะมีอำนาจตัดสินว่าอะไรคือความจริง หรือมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่นๆเพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบจะต้องพิสูจน์ตัวเองด้วยความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์หนึ่งๆได้ดีกว่าแนวคิดที่มีอยู่เดิม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 26 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 203370
เลขเรียกหนังสือ

องค์ประกอบที่ 3 องค์กรทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)

วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมของมนุษยชาติ (Human Activity) ซึ่งมีมิติในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กระทำอาจเป็นสิ่งที่แบ่งแยกยุคสมัยต่างๆออกจากกันอย่างชัดเจน

3.1 วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน (Science is complex social activity)

วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมที่อยู่ภายใต้ระบบสังคมของมนุษย์ ดังนั้นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จึงอาจได้รับการสนับสนุนหรือถูกขัดขวางด้วยปัจจัยต่างๆทางสังคม เช่น ประวัติศาสตร์ ศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยมหรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การศึกษาเกี่ยวกับการโคลนนิ่งซึ่งในเชิงวิทยาศาสตร์แล้วเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีประโยชน์ แต่ในทางสังคมแล้วเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดข้อโต้แย้ง(Controversy) อย่างกว้างขวางจนทำให้การศึกษาในเรื่องดังกล่าวหยุดชะงักลงไป

3.2 วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่างๆและมีการดำเนินการในหลายองค์กร (Science is organized into content disciplines and conducted in various institutions)

วิทยาศาสตร์คือการรวบรวมความรู้ที่หลากหลายของศาสตร์สาขาต่างๆซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านประวัติศาสตร์ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา เป้าหมายและเทคนิควิธีการที่ใช้ การทำงานที่แยกออกเป็นสาขาต่างๆมีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงานและข้อค้นพบ แต่แท้ที่จริงแล้วไม่มีเส้นแบ่งหรือขอบเขตระหว่างสาขาต่างๆโดยสิ้นเชิง ดังจะเห็นได้จากสาขาใหม่ๆที่เกิดขึ้นที่แสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างสาขา เช่น ดาราศาสตร์ (Astronomy) ชีววิทยาสังคม (Sociobiology) เป็นต้น

นอกจากนั้นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ยังมีการดำเนินการในหลายองค์กร เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล หน่วยงานรัฐบาล ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม หรือองค์กรอิสระ แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน เช่น มหาวิทยาลัยเน้นการแสวงหาความรู้และการให้การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ส่วนภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมุ่งเน้นการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อประโยชน์และการนำไปใช้

3.3 วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ (There are generally accepted ethical principal in the conduct to science)

นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ (Ethical norms of science) เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ความมีใจกว้าง ฯลฯ เพราะในบางครั้งความต้องการได้รับว่าเป็นคนแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์ก้าวไปทางที่ผิดได้ เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือค้นพบ เป็นต้น จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกประการก็คือ การระวัง

อันตรายที่เกิดจากการศึกษาวิทยาศาสตร์หรือนำผลการศึกษาไปใช้ เช่น ในการวิจัยกับคน นักวิทยาศาสตร์ต้องขออนุญาตและแจ้งให้บุคคลนั้นทราบถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ประโยชน์ที่ได้รับ และสิทธิในการปฏิเสธการเข้าร่วมงานวิจัย เป็นต้น

3.4 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง (Scientist participate in public affairs both as specialists and as citizens)

ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ และความเชื่อส่วนตัว

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บางคนอาจเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่แท้ที่จริงแล้วทั้งสองมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์จะเน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเช่น ความรู้เกี่ยวกับเลเซอร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างเช่น กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยช่วยขยายขอบเขตของการสังเกตของนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

จากทั้ง 3 องค์ประกอบของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ พอสรุปได้ว่า ธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีการพัฒนาผ่านกระบวนการทางสังคม การอภิปรายปัญหาต่างๆร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางสังคมช่วยให้ข้อค้นพบต่างๆของนักวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สาธารณะทำให้ความรู้วิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือและสามารถอ้างอิงได้ แต่ภายใต้กระบวนการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้เห็นว่าความรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้ จนมีคำกล่าวเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ว่า"สิ่งที่คุณเห็นและคิดว่าถูกต้องในวันนี้ อาจเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องในอนาคตก็ได้" จะเห็นว่าภาพของความรู้วิทยาศาสตร์เป็นภาพของความรู้ที่เชื่อถือได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆไม่ได้เป็นความจริงตลอดไป แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพราะนักวิทยาศาสตร์ มีการตรวจสอบ และพัฒนาต่อเติมความรู้ให้มีความน่าเชื่อถือที่จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆตามกาละและเทศะ(Space and time) ที่เปลี่ยนไป ดังนั้น ถ้าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นไปในแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ทำน่าจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายมากกว่าการเรียนเพื่อจำตัวความรู้อย่างเดียว (Claxton, 1991; Driver et al, 1996; Ziman, 1978 อ้างถึงใน โชคชัย ยืนยง, 2551)

ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน จำเป็นจะต้องมีความเข้าใจต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และควรจัดการเรียนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งส่วนประกอบของวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นเนื้อหา ซึ่งเป็นที่รวบรวม ข้อเท็จจริง มโนมติ สมมติฐาน หลักการ ทฤษฎี กฎต่างๆทางวิทยาศาสตร์ ผ่านวิธีการหาความรู้ในเชิงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะวิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้และกระบวนการในการสร้างองค์ความรู้

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนดังกล่าวนั้น ผู้วิจัยเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา และมานุษยวิทยา ที่เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองด้วยวิธีการต่างๆกัน โดยอาศัยประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ซึ่งความรู้ของบุคคลใด ก็คือ โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้นที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์ในการคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหา การที่ผู้เรียนเผชิญกับปัญหาจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา และพยายามสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับพื้นฐานประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว ผู้เรียนเกิดการไตร่ตรองบนฐานแห่งประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ผู้วิจัยจึงจะขออธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ดังนี้

2.2 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้

การสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ ซึ่งจะอธิบายโดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไรและได้ความรู้มาอย่างไร ทฤษฎีนี้จึงอธิบาย “ความรู้” ว่าเป็นสิ่งชั่วคราว มีพัฒนาการ ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์ โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม เพื่อเป็นตัวแทนความคิด (Representation) ของความจริงที่เป็น reality ส่วน “การเรียนรู้” ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตัวคน ๆ นั้นเอง ในการต้องสู้กับสถานการณ์และความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม นั่นคือการเรียนรู้เป็นการสร้างตัวแทนใหม่ และสร้างโมเดล (Mental model) ของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม และเป็นการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคม ผ่านการ

ร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย (วรรณทิพา รอดแรงค้า 2540, อ้างถึงใน โชคชัย ยืนยง, 2551)

ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมา สร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ซึ่งแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม ที่เป็นรากฐานสำคัญซึ่งปรากฏจากรายงานของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา คือ Jean Piaget ชาวสวิส และ Lev Vygotsky ชาวรัสเซีย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Cognitive Constructivism และ Social Constructivism ดังมีรายละเอียด (สุมาลี ชัยเจริญ, 2545) ดังนี้

1. Cognitive Constructivism มีพื้นฐานแนวคิดมาจาก Piaget คือเน้นที่ผู้เรียน ให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยการลงมือกระทำ Piaget เชื่อว่าถ้าผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) หรือเรียกว่า เกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่สภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (Assimilation) ได้แก่ การรับข้อมูลใหม่ จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) คือการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญา เข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาใหม่หรือเกิดการเรียนรู้นั่นเอง

2. Social Constructivism มีพื้นฐานแนวคิดมาจากแนวคิดของ Vygotsky ซึ่งมีแนวคิดที่สำคัญว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา รวมทั้งแนวคิดที่เกี่ยวกับศักยภาพ ในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา ที่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า Zone of Proximal Development ถ้าผู้เรียนต่ำกว่า Zone of Proximal Development จำเป็นต้องมีการช่วยเหลือในการเรียนรู้ที่เรียกว่า Scaffolding และVygotsky เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้ โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นไม่ว่าจะเป็นเด็กกับผู้ใหญ่ พ่อ แม่ ครูและเพื่อนในขณะที่อยู่ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม

จากหลักการทั้ง 2 ทฤษฎีนี้พบว่ามีความแตกต่างกันคือ Piaget อธิบายถึงการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในตัวของบุคคล เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคล หรือสิ่งแวดล้อมแล้วบุคคลนั้นจะเกิดการเรียนรู้ ส่วน Vygotsky อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยอาศัยสื่อกลางทางวัฒนธรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น การช่วยเหลือด้วยการชี้แนะ และ การทำงานร่วมกับผู้อื่นจะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้นั่นเอง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

จากหลักการและแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่กล่าวมาข้างต้น ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (http://ednet.kku.ac.th/~sumcha/cles/ref.html) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง (Learning are active) ความสำคัญของการเรียนตามแนวทฤษฎี คอนสตรัคติวิสต์ เป็นกระบวนการ ที่ผู้เรียนบูรณาการข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีมาก่อนหรือความรู้เดิมของผู้เรียน และสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ แนวคิดที่หลากหลายเป็นสิ่งที่มีค่าและจำเป็น (Multiple perspective are valued and necessary) ตามแนวทางทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กล่าวว่าผู้เรียนจะต้องสร้างแนวคิดของตนเอง แนวคิดนี้จำเป็นต้องประกอบด้วยแนวคิดที่หลากหลายและกว้างขวาง อาจมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ โดยที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ เช่น ครู กลุ่มเพื่อน นักเขียน และหนังสือ เป็นต้น ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรวบรวมแนวคิดที่หลากหลายและสังเคราะห์สิ่งเหล่านี้เป็นแนวคิดที่บูรณาการขึ้นมาใหม่

- การเรียนรู้ควรสนับสนุนการร่วมมือกันไม่ใช่การแข่งขัน (Learning should support collaboration, not competition) จากการแลกเปลี่ยนแนวคิดที่หลากหลายนั้นหมายถึงการร่วมมือในระหว่างที่มีการร่วมมือ ผู้เรียนต้องมีการสนทนากับคนอื่นๆเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังเรียนรู้ กระบวนการนี้คือ การร่วมมือและแลกเปลี่ยน หรือการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งเป็นการทำให้ผู้เรียนตกผลึกและกลั่นกรองสิ่งที่สร้างขึ้นแทนความรู้ภายในสมอง มาเป็นคำพูดที่ใช้ในการสนทนาที่แสดงออกมาภายนอกที่เป็นรูปธรรม และส่งเสริมการสังเคราะห์ความรู้ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ และการสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ดังนั้น สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่จัดให้มีการร่วมมือกันจะเป็นการส่งเสริมการสร้างความรู้ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการเรียนรู้

- ให้ความสำคัญกับการควบคุมตนเองตามระดับของผู้เรียน (Focuses control at the leaner level) ถ้าผู้เรียนลงมือกระทำในบริบท การเรียนรู้ โดยการร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่น และผู้สอน และจำเป็นต้องควบคุมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองมากกว่าการที่เรียนในลักษณะที่เป็นผู้รับฟัง (Passive listening) จากการบรรยายของผู้สอน นี่แสดงเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน

- นำเสนอประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตรงกับสภาพที่เป็นจริงหรือประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง (Provides authentic, real-world learning experiences) ความรู้ที่ถูกแยกออกจากบริบทในสภาพจริงในระหว่างการสอนสิ่งที่เรียนเป็นสิ่งที่ไม่ใช่สภาพจริงนั้น มักจะเป็น สิ่งที่ไม่มีความหมายต่อผู้เรียนมากนัก แต่สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึมที่จัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ในสถานการณ์ต่างๆที่อยู่ในบริบทของสภาพจริง ดังนั้น ประสบการณ์ การเรียนรู้ที่ประยุกต์ไปสู่ปัญหาในชีวิตจริง (Real world problems) จะช่วยสร้างการ

เชื่อมโยงที่แข็งแกร่ง และส่งผลให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนไปสู่สถานการณ์ใหม่ในสภาพชีวิตจริงได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ให้กับนักเรียนนั้น นอกจากครูจะเป็นผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์และไตร่ตรองข้อมูลเพื่อหาคำตอบที่จะอธิบายสิ่งที่ไม่เข้าใจได้อย่างมีเหตุผลแล้ว สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งโดยสรุปแล้วการจัดการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่เรียกว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเชื่อว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับกับความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วก่อนเรียน การสร้างความรู้ของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไป เป็นเรื่องเฉพาะสำหรับแต่ละบุคคล เนื่องจากความแตกต่างของพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ของแต่ละคน และความรู้เป็นสิ่งที่ไม่คงที่ ไม่ใช่ความจริงแท้สมบูรณ์ เป็นสมมุติฐานที่ใช้งานได้ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น และเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความรู้มากกว่าการรับรู้ โดยที่ความรู้คือโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้นๆที่สร้างจากประสบการณ์หรือการแก้ปัญหาของตนและสามารถที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์อื่นๆได้ ครูมีหน้าที่ในการจัดสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือเกิดการขยายโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งกระบวนการเรียนการสอนในแนวคอนสตรัคติวิซึม มักเป็นในลักษณะที่ผู้เรียนสร้างความรู้จากการร่วมมือกันแก้ปัญหา กระบวนการเรียนการสอนจะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) นั่นคือ ประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ไม่สามารถจัดการแก้ปัญหานั้นได้ลงตัวพอดี เหมือนปัญหาที่เคยแก้มาแล้ว ต้องมีการคิดค้นเพิ่มเติมที่เรียกว่า “การปรับโครงสร้าง” หรือการสร้าง “โครงสร้างใหม่” ทางปัญญา (Cognitive Restructuring) โดยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ถกเถียงปัญหา ซักค้าน จนกระทั่งหาเหตุผล หรือหลักฐานในเชิงประจักษ์มาขจัดความขัดแย้งทางปัญญาภายในตนเองและระหว่างบุคคลได้ (สุมาลี ชัยเจริญ,สุชาติ วัฒนชัย,ศราวุธ จักรเป็ง,อิสรา ก้านจักร, 2549).

จะเห็นว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทของประสบการณ์ของคน การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะเน้นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจริงแทนการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดและกระบวนการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการในสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้

ในห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในสังคมท้องถิ่นของผู้เรียนได้ ซึ่งผู้วิจัยขออธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ดังต่อไปนี้

2.3 แนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

แนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม คือแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทของประสบการณ์ของตน ที่ทำให้ผู้เรียนมีทั้งความรอบรู้ในเนื้อหาวิชาและเพิ่มพูนความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการ ผู้เรียนจะพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ ได้ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันและกล้าตัดสินใจด้วยตนเอง การเรียนการสอนตามแนว STS Approach จะเน้นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามความเข้าใจของผู้เรียน แทนการสอนที่เริ่มต้นด้วยมโนทัศน์และกระบวนการ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้มโนทัศน์และกระบวนการในสถานการณ์จริง สามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ในห้องเรียนกับสถานการณ์รองในสังคมท้องถิ่นได้ (Wilson & Livingston, 1996 อ้างถึงในลาภิสรินทร์ บุญประเสริฐ, 2551) การเรียนการสอนตามแนว STS Approach จะเน้นเหตุการณ์หรือประเด็นที่กำลังเกิดขึ้นและพยายามให้ผู้เรียนหาคำตอบสำหรับเหตุการณ์นั้นๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมต่อสถานการณ์ในปัจจุบัน และเตรียมบทบาทของพลเมืองในอนาคตที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (NSTA, 1993 อ้างถึงใน ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ตามหัวข้อดังนี้

2.3.1 ประวัติความเป็นมาของแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ในระดับมัธยมศึกษาเริ่มขึ้นในประเทศในแถบยุโรปก่อนการเริ่มต้นในสหรัฐอเมริกา (Yager, 1996 อ้างถึงใน ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548) ซึ่งณัฐวิทย์ พจนตันติ (2548) ได้รวบรวมและลำดับประวัติความเป็นมาไว้ดังนี้

ช่วงต้นปี ค.ศ. 1971 Jim Gallagher ได้เสนอบทความเชื่อ “A Broader Base for Science Teaching” และได้แสดงความคิดเห็นว่าหลักสูตรในทศวรรษ 1960 นั้นเน้นให้นักเรียนเรียนรู้เฉพาะแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เขาเห็นว่านักเรียนควรต้องรู้และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเท่า ๆ กับที่ต้องรู้และเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นต้องจัดให้สอดคล้องกับประเด็นทางเทคโนโลยี และสังคม ซึ่งจัดได้ว่าเป็นการวางเป้าหมายใหม่ของวิทยาศาสตร์ศึกษา

ในปี ค.ศ.1972 ประเทศเนเธอร์แลนด์ได้จัดทำ Projekt Leerpakketontwikkeling Natuurrkunde หรือ PLON project เพื่อปรับหลักสูตรและเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียน โดยเน้นถึงความสัมพันธ์ของ ฟิสิกส์กับเทคโนโลยีและสังคม

ปี ค.ศ. 1973 ในประเทศแคนดา Aikenhead กับ Fleming ได้ทำการวิจัยในชั้นเรียนเรื่อง Science: A Way of Knowing ซึ่งเป็นการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม แล้วเสนอรายงานการวิจัยฉบับร่าง และตีพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 1975

ปี ค.ศ. 1975 Paul Hurd ได้เสนอบทความเรื่อง "Science, Technology, and Society: New Goals for Interdisciplinary Science Teaching" ซึ่งเป็นบทความที่กล่าวถึงโครงสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

ปี ค.ศ. 1976 สมาคมการศึกษาวิทยาศาสตร์ (The Association for Science Education) ในประเทศอังกฤษได้สร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมขึ้นหลังจากการตีพิมพ์ผลงานของโครงการวิทยาศาสตร์ในสังคม (Science in Society) และต่อมามีโครงการอื่นเกิดตามมาอีก เช่น โครงการ SISCON (Science in Social Context) in School ซึ่งเป็นโครงการการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยใช้บริบททางสังคม

ปี ค.ศ. 1977 สภาสังคมศึกษาแห่งชาติ (The National Council for the Social Studies) ในสหรัฐอเมริกา ได้มอบหมายให้คณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษาเรื่องวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของโลกและตีพิมพ์ในวารสาร Social Education ในปี 1979

และในปีเดียวกันนี้มี Project Synthesis ได้จัดขอบเขตวิทยาศาสตร์ศึกษาเป็น 5 เรื่อง และ 1 ใน 5 นั้นคือ "The Interaction of Science, technology and Society (S/T/S)" ซึ่ง คือความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม และโครงการนี้ได้อธิบายลักษณะการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ดังนี้

(1) เตรียมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเองในโลกที่มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

(2) เตรียมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์เพื่อจัดการกับปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

(3) ให้นักเรียนเรียนรู้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างชาญฉลาด

(4) จัดประสบการณ์ และทักษะความชำนาญเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ และสามารถตัดสินใจเลือกอาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

ปี ค.ศ. 1980 มีการจัด Malvern Seminar ที่ประเทศอังกฤษ การสัมมนาครั้งนี้มีการนำเสนอหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม หลายโครงการ เช่น 1) San Salvador Project เป็นโครงการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ศึกษาภายใต้ความรับผิดชอบของสถาบันพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (The Institute for Science and Mathematic Education Development) ของมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ เป็นโครงการเกี่ยวกับความพึงพอใจและความต้องการของชุมชน เช่น เรื่องสุขาภิบาล น้ำดื่มที่สะอาด การเพิ่มผลผลิตจากการประมง หรือ 2) Mexican Project เป็นโครงการพัฒนาชุมชนด้านสุขภาพของเด็กที่อายุต่ำกว่า 5 ขวบ การปลูกฝี การฉีดวัคซีน การเตรียมอาหารที่มีคุณค่า ซึ่งเป็นโครงการร่วมของครูกับพนักงานอนามัย จะเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมในโรงเรียนมีบทบาทสำคัญมาก และการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดนี้บริบททางสังคมมีผลมากต่อหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน

ปี ค.ศ. 1982 ผู้อำนวยการสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาหรือ National Science Teacher Association (NSTA) ได้ประกาศสนับสนุนแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ให้เป็นแนวทางหลักของวิทยาศาสตร์ศึกษาในทศวรรษ 1980

ในปีเดียวกันนี้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้จัดการประชุมสัมมนาที่เรียกว่า International Organization for Technology Education Symposium (IOSTE Symposium) เรื่อง World Trends in Science and Technology Education ที่เมือง Nottingham

นอกจากนี้ในฤดูใบไม้ร่วงปีเดียวกัน ได้มีการจัดประชุมสัมมนาของ IOSTE อีกครั้งที่เมือง Saskatoon ประเทศแคนดา ซึ่งนับว่าเป็นการประชุมสัมมนาครั้งที่มีคุณค่ามากเพราะได้มีการร่วมมือระหว่างกลุ่มที่มีความสนใจแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม IOSTE กับกลุ่มจากสหรัฐอเมริกา เช่น Joe Piel, Bob Yager, และ Robgeer Bybee จัดตั้งเครือข่ายการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม และเรียกเครือข่ายนี้ว่า STS Research Network Missive นับเป็นเครือข่ายของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับอุดมศึกษาและได้ร่วมกันออกจดหมายข่าวงานวิจัยที่ชื่อว่า Missive

การประชุมสัมมนาของ IOSTE ในปี ค.ศ. 1982 มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจากหลายชาติ เช่น ออสเตรเลีย แคนดา อิตาลี เนเธอร์แลนด์ และอังกฤษ สนใจศึกษาและนำเสนอผลงานและบทความเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ผลงานนำเสนอ รวมทั้งหลักสูตร

ที่สร้างขึ้นมีแนวทางเหมือนกันตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม แต่เรียกชื่อต่างกัน เช่น

(1) วิทยาศาสตร์และสังคม และวิทยาศาสตร์ในสังคม (science and/in society)

(2) วิทยาศาสตร์ แลละเทคโนโลยี (science and Technology)

(3) ปฏิสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีกับสังคมและวัฒนธรรม (the interaction of science & technology with society & culture)

(4) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และย่อว่า STS

(5) วิทยาศาสตร์/ เทคโนโลยี/ สังคม และย่อว่า S/T/S

จากการประชุมครั้งนี้จึงมีการตกลงร่วมกันและตั้งชื่อกลุ่มที่สนใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมนี้ว่า science- technology- society และเขียนย่อว่า STS ชื่อนี้ได้รับอิทธิพลมาจากหนังสือของ John Ziman ชื่อ Teaching and learning about Science and Society ซึ่งเป็นหนังสือที่กล่าวถึงหลักการ และการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษา

ในปีต่อ ๆ มามีการสร้างเครือข่ายการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเกิดขึ้นอีก เช่น ในปี ค.ศ. 1984 UNESCO ได้จัดตั้ง International Network for Information in Science and Technology Education (INISTE) เป็นเครือข่ายข้อมูลเพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา

นับได้ว่าเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษาในทศวรรษ 1980 (Lazarowitz and Tamir, 1994 อ้างถึงใน ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548) คือการพัฒนาให้คนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ที่จะทำให้เข้าใจถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมที่มีต่อคนเรา และให้สามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ คนที่มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์คือคนที่เข้าใจ ข้อเท็จจริง แนวคิด ความเชื่อมโยงของแนวความคิด และมีทักษะกระบวนการที่สามารถนำไปเป็นพื้นฐานการเรียนรู้และการคิดอย่างมีเหตุผล เข้าใจคุณค่าและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีต่อสังคม

ในทศวรรษ 1980 มีบทความเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเป็นจำนวนมากและมีบทความของสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา ที่เขียนว่า “ปัญหาที่เราประสบอยู่ทุกวันนี้สามารถแก้ไขได้ เพียงแต่คนเรามีความรู้และมีทักษะกรบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์จะเป็นพื้นฐานของการดำรงชีพ การทำงานและการตัดสินใจในทศวรรษ 1980 และในอนาคต” ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึง

ความสัมพันธ์ของความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมและตลอดทศวรรษ 1980 หลังจากการประชุมที่ Saskatoon ทุกฝ่ายก็ดำเนินการศึกษาและสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมอย่างต่อเนื่อง เช่น NSTA มหาวิทยาลัยไอโอวา โครงการขบวนการสิ่งแวดล้อม (the Environmental Movement) และโครงการ “Science Through STS”

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีประวัติความเป็นมาอันยาวนานด้วยเป้าหมายหลักที่ต้องการพัฒนาให้คนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวัน เข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด ความเชื่อมโยงของแนวคิดและมีทักษะกระบวนการที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้และการคิดอย่างมีเหตุผล เข้าใจคุณค่าและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม เข้าใจและรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี แก้ปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี การสร้างและพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมยังคงพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

2.3.2 นิยามของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความสนใจและทำการศึกษาเกี่ยวกับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมซึ่งให้นิยามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมไว้แตกต่างกันดังต่อไปนี้

พัดชา เพิ่มพิพัฒน์ (2546) ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ว่าหมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสัมพันธ์ต่อเนื่องระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยลงมือปฏิบัติจริงอันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม

อัมพวา รักบิดา (2544) ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมว่า เป็นการจัดการเรียนรู้โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งมีวิชาวิทยาศาสตร์เป็นหลักในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆให้ตรงกับความต้องการของสังคม ซึ่งสถานการณ์ที่ใช้จะใช้สถานการณ์ชีวิตจริง เพื่อให้มีการใช้ความรู้คู่คุณธรรม การรักษาสิ่งแวดล้อมตลอดจนการใช้ความรู้ให้สัมพันธ์กับทิศทางความเจริญก้าวหน้าในปัจจุบันและอนาคต

สุภาวดี แก้วงาม (2549) ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมว่า เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ที่เกิด

จากสถานการณ์จริงของสังคม จากสื่อต่างๆ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสามารถแก้ปัญหาสังคมในประเด็นต่างๆ สามารถเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีให้เข้ากับสังคมหรือนำไปใช้ในสถานการณ์จริง ที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2548) ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ว่าหมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้ผู้เรียนเห็นว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือสิ่งที่อยู่รอบตัว เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการดำรงชีวิต สามารถใช้และประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนให้เกิดประโยชน์ได้

Yager (1996 อ้างถึงในณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548) กล่าวว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ให้ความสำคัญกับปัญหาในชีวิตจริงด้วยความเชื่อว่าการทำงานในชีวิตประจำวันจะมีมโนทัศน์ (concept) และกระบวนการต่าง ๆ (process) มากมายเป็นพื้นฐาน การเรียนการสอนจะเริ่มต้นด้วยสถานการณ์ คำถาม ปัญหา หรือประเด็นที่ครูสร้างขึ้นหรือหยิบยกมาช่วยให้นักเรียน เข้าใจมโนทัศน์หรือกระบวนการพื้นฐานหรืออาจจะเริ่มต้นมาจากคำถามของผู้เรียน ที่ได้จากประสบการณ์ของตนเอง เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ (concept) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process skill) การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ทำให้นักเรียนเห็นว่ามโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (concept and scientific process skill) นั้นมีประโยชน์และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้

แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม คือ แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทของประสบการณ์ของคน การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะเน้นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจริงแทนการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดและกระบวนการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จัดการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการในสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ในห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในสังคมท้องถิ่นของผู้เรียนได้ โดยเน้นเหตุการณ์หรือประเด็นที่กำลังเกิดขึ้นและพยายามให้ผู้เรียนหาคำตอบสำหรับเหตุการณ์นั้นๆซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการเตรียมผู้เรียน ให้มีความพร้อมต่อสถานการณ์ปัจจุบัน และเตรียมบทบาทของพลเมืองในอนาคตที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (Scientific and Technological literacy) ที่ทำให้ผู้เรียนมีทั้งความรอบรู้ในเนื้อหาวิชาและเพิ่มพูนความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการ ผู้เรียนจะพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และกล้าตัดสินใจด้วยตนเอง (Wilson and Livington, 1996; NSTA, 1993 อ้างถึงใน ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548)

2.3.3 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2548) ทำการศึกษาเป้าหมายของการจัดการเรียนการรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งพอสรุปได้ว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม คือให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม หรือ Science Technology and Society literacy ที่ต้องมีคุณลักษณะดังนี้ คือ

1. ตระหนักในปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถพิจารณาและหาสาเหตุของปัญหานั้นๆได้
2. เข้าใจแนวคิดและมีความรู้ที่แท้จริงในเรื่องที่เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น
3. รู้และมีแนวทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย
4. สามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาเพื่อแก้ปัญหา สามารถเลือก วิเคราะห์ ประเมินข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ และสามารถวางแผนเพื่อป้องกันปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในอนาคตได้
5. เข้าใจค่านิยมและสามารถนำค่านิยมนั้นไปใช้
6. สามารถตัดสินใจได้ด้วยการเลือกทางเลือกที่เหมาะสมหรือสามารถสร้างหรือหาทางเลือกใหม่ แล้วจึงตัดสินใจ
7. ปฏิบัติตามทางเลือกที่ได้ตัดสินใจ
8. มีความรับผิดชอบ

กล่าวโดยสรุปการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม และเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ ตระหนักในปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้ความรู้ความสามารถพิจารณาและหาสาเหตุของปัญหา มีแนวทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสามารถลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางที่ตัดสินใจ

2.3.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีจุดเริ่มต้นมาจากนักเรียนเอง เริ่มมาจากความคิด ความสนใจและสิ่งที่สัมพันธ์กับตัวนักเรียน ดังนั้นครูต้องจัดการให้นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม วางแผนกำหนดวิธีการหาคำตอบ กำหนดวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล การลงมือดำเนินงาน การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอผลงาน ทุกขั้นตอนของนักเรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติทั้งสิ้น ครูซึ่งเป็นผู้รู้กรอบรายวิชาและรู้เป้าหมายของหลักสูตร จะทำหน้าที่กำหนดสถานการณ์ที่นำไปสู่การเลือกประเด็นคำถามที่นักเรียนสนใจที่สอดคล้องกับรายวิชาและหลักสูตร

หัวข้อการเรียนการสอนอาจมาจากความสนใจของนักเรียนด้วย การเรียนการสอนจะยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ยึดประสบการณ์ของผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ความสนใจผู้เรียนเป็นรายบุคคลใช้ทรัพยากรท้องถิ่นที่หลากหลาย ทั้งทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรบุคคล ฝึกให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน ครูเตรียมการและวางแผนจัดการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นและปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันและประเด็นที่นักเรียนทุกคนรับทราบร่วมกันและคุ้นเคย การเรียนการสอนจะเริ่มต้นด้วยการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน จากคำถามหรือสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ครูต้องรอคำตอบโดยให้เวลานักเรียนเรียบเรียงความคิด และให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน(Chaing Soong, 1993; Yager and Tamir, 1993 อ้างถึงใน ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548)

สำหรับแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของ Yuenyong (2006) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issue stage) เป็นการระบุประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขั้นนี้ครูจำเป็นต้องกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นทางสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและซาบซึ้งว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยหาคำตอบในประเด็นนั้นๆเพื่อเป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อคำตอบประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในขั้นนี้ครูอาจนำเสนอสถานการณ์หรือเหตุการณ์ในท้องถิ่น ในสื่อสารมวลชน การสำรวจประเด็นทางสังคมในสถานที่จริง นำเสนอผลิตภัณฑ์ของเทคโนโลยี เป็นต้น

2. ขั้นระบุศักยภาพแนวทางการหาคำตอบ (Identification of potential solution stage) เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบศักยภาพของตนเองในการที่จะหาคำตอบของประเด็นทางสังคมนั้นๆ จากที่นักเรียนรับรู้ประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะตรวจสอบศักยภาพของตนเองด้วยการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะสนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้

3. ขั้นต้องการความรู้ (Need for Knowledge stage) ขั้นนี้นักเรียนจะต้องศึกษาความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ดังนั้น ในขั้นนี้จึงเปิดโอกาสให้ครูได้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการทดลองและสืบเสาะหาความรู้เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่ดี เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการหาคำตอบของประเด็นทางสังคม

4. ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision – making stage) ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหา

นั้น ๆ ในแนวทางใด กล่าวคือ นักเรียนได้รวบรวมความรู้วิทยาศาสตร์และศาสตร์ต่างๆ เพื่อจะออกแบบแนวทางการหาคำตอบ โดยการสร้างตัวแบบ ระบบ โครงสร้าง หรือแนวคิดต่างๆ เพื่อจะนำไปใช้ได้จริงในสังคม โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงว่าแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่สำหรับประเทศไทย มีผลดีผลเสียอย่างไร

5. ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage) กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตน ที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหานั้น จากการนำเสนอหรือกระทำสิ่งที่ออกแบบไว้ในขั้นทำการตัดสินใจในสังคม เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดหรือตรวจสอบแนวคิดของตนให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอแนวคิดต่อสังคม โดยเขียนจดหมายถึงผู้นำท้องถิ่นเกี่ยวกับประเด็นสังคมต่างๆ ตั้งกระทู้แนวทางการหาคำตอบในเวปบอร์ด บทบาทสมมติ โครงงานวิทยาศาสตร์ จัดนิทรรศการหรือจัดโครงการรณรงค์ต่าง ๆ และพร้อมกับรับฟังความคิดจากผู้เข้าร่วมโครงการ

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับการนำเสนอตัวแทนความคิด

Teller (2006) ได้กล่าวถึง การนำเสนอตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ (Representation in Science) ไว้ว่า โดยส่วนมากการนำเสนอตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นการอธิบายกฎทางธรรมชาติหรือหลักการต่างๆ ล้วนต้องใช้ภาษาในการบอกหรืออธิบายความหมายเบื้องต้น เช่น สี รูปร่างของวัตถุ ที่ใช้แยกแยะคุณสมบัติ ลักษณะเฉพาะของวัตถุ แต่ถ้าจะอธิบายสิ่งต่างๆ ที่ซับซ้อนขึ้น บางครั้งอาจใช้มากกว่าภาษาทั่วๆไป เช่น แผนที่ ภาพประกอบ แผนผัง กราฟ และบางอย่างที่ไม่สามารถมองเห็นได้ อาจใช้จินตนาการ นักวิทยาศาสตร์จะใช้ฟังก์ชันหรือสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาอธิบาย เช่น การนำเสนอแรงของแพนดูลัมเป็นฟังก์ชัน $x = A\sin\omega t$ โดยสูตรนี้ไม่ได้นำเสนอแรงโดยตรง แต่สามารถทำความเข้าใจการรวมกันของคู่อันดับที่เมื่อแปลความเวลาและมุม ก็สามารถทำความเข้าใจการนำเสนอแรงของแพนดูลัมได้

Deborah Loewenberg Bell (1988 อ้างถึงในเบญจวรรณ ชัยปลัด, 2550) ได้ให้คำอธิบายถึงความหมายของการนำเสนอไว้ในหัวข้อ “What is a representation? ซึ่งมีใจความดังนี้ ตามความหมายจาก Webster’s Unabridged dictionary กล่าวว่า การนำเสนอบางสิ่งบางอย่างคือการทำให้มันมีความหมายชัดเจนภายใต้อิทธิพลของความคิดหรือเหตุที่จะทำให้รู้หรือการรู้สึกโดยประสาทสัมผัสหรือเข้าใจความหมาย การนำเสนอคือสิ่งที่เป็นความคล้ายคลึงกัน ภาพหรือโมเดล หรือการจำลองอื่นๆ ถ้อยคำหรือคำอธิบายโดยเฉพาะอย่างยิ่งมุมมองที่มีความจำเพาะเจาะจงหรือที่เกิดความประทับใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างด้วยความตั้งใจ

Brewer (1999) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดของความรู้ ซึ่งมีอยู่ 4 ลักษณะ ได้แก่

1) Image เป็นการมองตัวแทนของความรู้ เป็นภาพที่มีอยู่ในหัว (picture in the head) เป็นการจินตนาการ เป็นสิ่งที่อยู่ภายใน ไม่สามารถแสดงออกมาภายนอกได้

2) Schema ถ้าเปรียบมนุษย์เราเป็นคอมพิวเตอร์ schema จะเป็นโครงสร้างที่เป็นตัวแทนประเภทมโนมติที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ เป็นสิ่งที่อยู่ภายใน ไม่สามารถแสดงออกมาภายนอกได้

3) Mental model เป็นสิ่งที่มีอยู่ภายในหัวเรา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สามารถสื่อออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลาย เช่น การอธิบาย การบรรยาย การวาดภาพ การประดิษฐ์ สมการ เป็นต้น

4) Naïve theories เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงตัวแทนความคิดในเด็กและคนที่ไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ ถ้าเป็นผู้เรียนก็จะเป็นตัวแทนความคิดของผู้เรียนเอง ซึ่งยังมีความแตกต่างจากตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกเป็นทางการมากกว่า เช่น มโนมติทางเลือก มโนมติที่คลาดเคลื่อน เป็นต้น

2.5 ตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ของของไหล

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติซึ่งสัมพันธ์กับมนุษย์โดยตรงเพราะมนุษย์อาศัยอยู่ภายใต้ธรรมชาติ มนุษย์ใช้กระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหา ตลอดจนถึงการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆเพิ่มพูนขึ้นและนำความรู้เหล่านั้นมาจัดระบบเกิดหลักการ แนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นหลักการ แนวคิด ทฤษฎี นั้นจะถูกนำเสนอออกมาในรูปของการอธิบาย การบรรยาย การเขียนแผนผัง รูปภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น เช่นเดียวกัน ความรู้วิทยาศาสตร์ของของไหลก็ได้ถูกนำเสนอออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย รูปภาพ และสมการ ดังนี้

ของไหล หมายถึง สสารจำพวกของเหลวหรือแก๊ส ซึ่งมีความสำคัญและจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในโลก โลกของเราเต็มไปด้วยแก๊สและของเหลวทั้งบนพื้นโลกและลึกลงไปในแกนของโลก จึงกล่าวได้ว่าชีวิตประจำวันของเราเกี่ยวข้องกับแก๊สและของเหลวอย่างมาอาจหลีกพ้น

เราเรียกสารที่มีสถานะเป็นของเหลวและแก๊สรวมกันว่า “ของไหล” โดยอาศัยสมบัติที่เหมือนกันของสารทั้งสองประเภท กล่าวคือต่างเป็นสารที่สามารถไหล (Flow) ได้เหมือนกัน หรือเป็นสารที่ต่อต้านความเค้นเฉือนได้น้อย ของไหลจึงผิดรูปได้ง่ายและเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ ในการศึกษาเรื่องของไหลจะมีการศึกษาอยู่สองลักษณะ คือ

1. สถิตศาสตร์ของไหล (Fluid Statics) เป็นการศึกษาของไหลในสภาวะนิ่ง ซึ่งอาศัยกฎข้อที่หนึ่งและข้อที่สามของนิวตัน โดยมุ่งเน้นให้เข้าใจปริมาณและปรากฏการณ์ต่างๆที่เกี่ยวกับของไหลในสภาวะนิ่ง ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น การแปรค่าของความดันตามความลึก กฎของพาสคัล หลักของอาร์คีมีดีส และแรงลอยตัวของของไหล

2. พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics) เป็นการศึกษาของไหลกรณีของไหลเคลื่อนที่ ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาจะมุ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของของไหลในอุดมคติ โดยที่ของไหลมีพฤติกรรมเป็นไปตามกฎของนิวตันและกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยให้ความสำคัญที่สมการของความต่อเนื่องและกฎของแบร์นูลลี

ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของวัตถุ คือ มวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ดังนั้นความหนาแน่นมีหน่วยเป็น $kg \cdot m^{-3}$ แทนด้วยสัญลักษณ์กรีก ρ (อ่านว่า rho,โร)

กำหนดให้มวล m มีปริมาตร V จะได้

ความหนาแน่น $\rho = \frac{m}{V}$, $m = \rho V$

ความหนาแน่น ของสารเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด สำหรับของเหลวที่อุณหภูมิคงตัวหรือเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ถือได้ว่าปริมาตรคงตัว ดังนั้น ความหนาแน่นของของเหลวจึงมีค่าคงตัว และของเหลวสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุไว้

ความดันในของไหล

ความดัน (Pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

$$P = \frac{F}{A}$$

คุณสมบัติของความดันในของเหลว

1. ณ จุดใดๆ ในของเหลวจะมีแรงกระทำเนื่องจากของเหลวไปในทุกทิศทาง
2. ถ้าเราพิจารณาที่ผิวภาชนะ แรงที่ของเหลวกระทำจะตั้งฉากกับผิวภาชนะเสมอ
3. สำหรับความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์
4. ความดัน ณ จุดใด ๆ ในของเหลว ที่เป็นความดันจากน้ำหนักของของเหลว จะแปรผันตรงกับความลึกและความหนาแน่นของของเหลว เมื่อของเหลวอยู่นิ่งและอุณหภูมิคงที่
5. ความดันในของเหลวชนิดหนึ่งๆ ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะ

พลศาสตร์ของของไหล

การเคลื่อนที่ของของไหลที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นของไหลในอุดมคติ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ แต่ความเร็วของอนุภาคของของไหลเมื่อไหลผ่านจุดต่างๆจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้

2. มีการไหลโดยไม่หมุน คือ ของไหลจะไม่มีอนุภาคไหลด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุดๆหนึ่ง

3. มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด

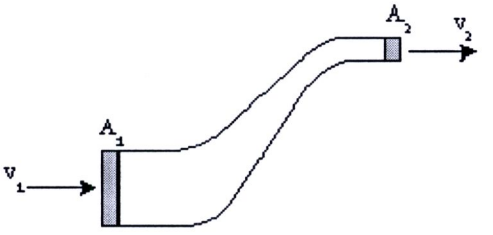
4. ไม่สามารถอัดได้ คือ ของไหลมีปริมาตรคงที่ ความหนาแน่นเท่าเดิม

สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation)

เส้นกระแสหรือเส้นสายธารของการไหล คือเส้นที่ลากสัมผัสกับทิศทางของการไหลที่ทุก ๆ จุด ในสนามการไหลในขณะใดขณะหนึ่ง

ภาพที่ 1 เส้นสายธารของการไหล

พิจารณาหลอดของการไหล ซึ่งของไหลไหลเข้าผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1 ด้วยความเร็ว v_1 และไหลออกผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 ด้วยความเร็ว v_2 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการไหลเข้าและออกภายในหลอดของการไหล

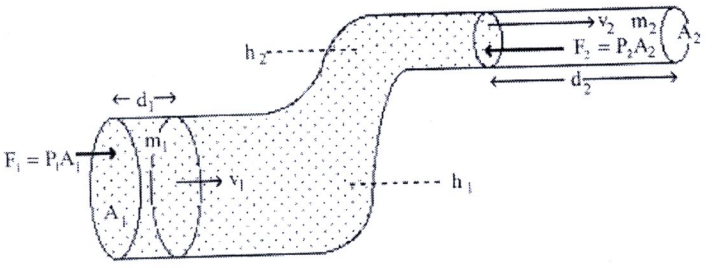
ดังนั้น $A_1v_1 = A_2v_2$

เรียกว่า สมการของความต่อเนื่อง (equation of continuity) แสดงให้เห็นว่า ความเร็วของของไหลในท่อแปรผกผันกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ ผลคูณของพื้นที่หน้าตัดกับความเร็ว (Av) คือ อัตราการไหล แทนด้วย Q

สมการแบร์นูลลี

สมการแบร์นูลลีจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความเร็วของการไหล ระยะความสูงของการไหล โดยนำทฤษฎีงาน-พลังงาน มาใช้ในการพิจารณา

พิจารณาของไหลที่ไม่มีความหนืด และอัดตัวไม่ได้ ไหลแบบคงตัวผ่านท่อหรือหลอดของการไหล เข้าทางด้านซ้ายมีพื้นที่หน้าตัด A_1 ด้วยความเร็ว v_1 ความดัน P_1 ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 (ด้านขวา) ด้วยความเร็ว v_2 ความดัน P_2 ปลายท่อด้านซ้ายอยู่ที่ระยะ y_1 ปลายท่อด้านขวาอยู่ที่ระยะ y_2 โดยวัดจากระดับอ้างอิง การเปลี่ยนขนาดและระดับสูงของท่อถือว่าค่อยเป็นค่อยไป เพื่อคงสภาพการไหลแบบคงตัว ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การไหลของของไหลผ่านท่อ

สมการแบร์นูลลี กล่าวว่า "ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อปริมาตร ทุกๆจุดภายในท่อมีค่าคงที่

$$P_1 + \frac{1}{2}\frac{mv_1^2}{V} + \frac{mgh_1}{V} = P_2 + \frac{1}{2}\frac{mv_2^2}{V} + \frac{mgh_2}{V}$$

หรือ

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

2.6 รูปแบบความเข้าใจ

Norman (1983 อ้างถึงใน เทวฤทธิ์ จันทร์เสริม และโชคชัย ยืนยง, 2549) กล่าวว่า Mental Model คือสิ่งที่แสดงถึงความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่อาจสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย การวาดรูป การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ และอื่น ๆ หรืออะไรก็ได้ที่แสดงถึงความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ซึ่ง Mental Model ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเรียนรู้และอายุของบุคคลนั้น ๆ และสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ Physical และ Conceptual ในส่วนของ Physical คือโมเดลที่แสดงออกในทางกายภาพ ส่วน Conceptual คือการสร้างโมเดลเป็นรูปธรรม

Mrrienboer, J.G. (1997, อ้างถึงในสุมาลี ชัยเจริญ, 2545) กล่าวว่า การสร้างความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งผู้เรียนจะสร้างสิ่งขึ้นแทนความรู้ที่เรียกว่า Mental model ซึ่งผู้เรียนสร้างขึ้นแทนความรู้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ Declarative Knowledge และ Procedural Knowledge

รูปแบบความเข้าใจ (Mental Model) เป็นตัวแทนความคิดของสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ที่สมมุติขึ้นมา ซึ่งเป็นความเข้าใจส่วนบุคคลที่บุคคลนั้นรับรู้จากสถานการณ์แล้วสร้างกรอบความคิดจากสถานการณ์นั้นขึ้นมา (Franco&Colinvaux, 2000 อ้างถึงใน Ornek F, 2008) ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบความเข้าใจคือการที่บุคคลสร้างบางอย่างขึ้นในสมองและใช้บ่งบอกถึงความเข้าใจของแต่ละบุคคล (Norman, 1983 อ้างถึงใน Ornek .F, 2008) โดยรูปแบบความเข้าใจมีลักษณะ (Franco&Colinvaux, 2000 อ้างถึงใน Ornek. F, 2008) ดังนี้

1. รูปแบบความเข้าใจเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมา (Mental models are generative) นักเรียนสามารถสร้างข้อมูลข่าวสารใหม่และนำรูปแบบความเข้าใจมาทำนายได้ เช่น จากการศึกษารูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างและขอบเขตของโลก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ของ Vosniadou and Brewer (1992 อ้างถึงใน Ornek F, 2008) โดยใช้คำถามถามนักเรียนว่า “ถ้านักเรียนเดินเป็นเส้นตรงหลายๆวัน จะมีจุดสิ้นสุดอยู่ที่ไหน โลกมีขอบหรือจุดสิ้นสุดใช่หรือไม่” เมื่อเรียนตอบว่าใช่ถามนักเรียนต่อไปว่า “นักเรียนจะตกขอบหรือไม่ คำถามนี้ทำให้นักเรียนสามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์เพราะนักเรียนไม่สามารถที่จะสังเกตปรากฏการณ์นี้ได้ ทำให้ได้โมเดลของโลกคือโลกมีรูปร่างคล้ายแผ่นดิสก์และเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก โมเดลของโลกทั้งสองแบบแสดงให้เห็นว่าโลกมีขอบเขต คนสามารถตกขอบได้ และโมเดลของโลกที่เป็นทรงกลมกลวง มีขอบเขต คนอาศัยอยู่ข้างในและทำให้คนไม่ตกขอบ

2. รูปแบบความเข้าใจรวมไปถึงความรู้ที่เป็นนัย (Mental models involve tacit knowledge) โดยทั่วไปนักเรียนจะมีสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพหรือปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งบอกเป็นนัย ตัวอย่างหนึ่งที่อธิบายลักษณะของรูปแบบความเข้าใจจากการศึกษาของ Vosniadou and Brewer (1992 อ้างถึงใน Ornek. F, 2008) คือโมเดลของโลกที่มีรูปร่างเหมือนแผ่นดิสก์ และสี่เหลี่ยมมุมฉาก นักเรียนมีสมมุติฐานว่าพื้นมีลักษณะแบนราบซึ่งสมมติฐานนี้บอกเป็นนัย แต่สามารถทำให้ชัดเจนโดยการวาดรูป

3. รูปแบบความเข้าใจเกิดจากการสังเคราะห์ (Mental models are synthetic) รูปแบบความเข้าใจเป็นตัวแทนความคิด (Representation) ที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งไม่ได้เป็นตัวแทนประสบการณ์หรือเหตุการณ์ทั้งหมด รูปแบบความเข้าใจจะผ่านการคัดเลือกโดยความตั้งใจและความไม่ตั้งใจของบางแง่มุมที่อาจเป็นตัวแทนและบางแง่มุมที่ไม่อาจเป็นตัวแทนความคิด

4. รูปแบบความเข้าใจถูกจำกัดโดยมุมมองของโลก (Mental models are constrained) มนุษย์สร้างและใช้รูปแบบความเข้าใจที่ตนเองสร้างขึ้นจากความเชื่อส่วนบุคคล นักเรียนก็สร้างรูปแบบความเข้าใจจากสมมติฐานของพวกเขา เช่น นักเรียนสร้างโมเดลของโลกที่มีลักษณะเหมือนแผ่นดิสก์และสี่เหลี่ยมมุมฉากเพราะมีสมมติฐานว่าพื้นมีลักษณะแบนราบ สำหรับโมเดลของโลกที่มีลักษณะเป็นทรงกลมกลวง และทรงกลมแบนเพราะมีสมมติฐานว่ามนุษย์อาศัยบนพื้นแบนราบแต่โลกมีลักษณะกลม ด้วยเหตุนี้รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับรูปทรงของโลกถูกจำกัดโดยสมมติฐาน ดังนั้นนักเรียนจึงมีมโนมติคลาดเคลื่อน (Misconceptions)

นารี ขันแก้ว (2545) กล่าวว่า รูปแบบการทำความเข้าใจเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาในขณะที่กำลังเรียนจากสภาพการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้น ซึ่งในสถานการณ์ดังกล่าวผู้เรียนแต่ละคนจะมีรูปแบบหรือวิธีการในการทำความเข้าใจหรือกระบวนการคิด (Cognitive Process) ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1. ลักษณะของผู้เรียน (Student Traits) ซึ่งได้แก่ ความสามารถทั่วไป พื้นฐานความรู้เดิม แรงจูงใจ

2. ความแตกต่างของงานหรือภารกิจในการเรียนรู้ (Task) ที่แตกต่างกัน ในที่นี้หมายถึงลักษณะที่เป็นกระบวนการเรียนที่ต่างกัน ได้แก่ Declarative knowledge หมายถึง ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง เช่น ความคิดรวบยอดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่อาจเป็นข้อมูล ความรู้ ข่าวสารสนเทศ ซึ่งความรู้ในลักษณะนี้อาจมาจากการสอนของครูหรือแหล่งความรู้ต่างๆหรืออาจเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายที่ได้จากการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับความรู้เดิมและเป็นความรู้ใหม่หรือโครงสร้างทางปัญญา และProcedural knowledge หมายถึง ลักษณะความรู้ที่เป็นวิธีดำเนินงานหรือกระบวนการทำงาน ลำดับขั้นตอนของการทำงานหรือปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่ง (Know-how)

3. เทคนิคหรือวิธีสอนที่ผู้เรียนได้รับ

กล่าวโดยสรุป รูปแบบความเข้าใจ (Mental model) คือสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เมื่อได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการที่ผู้เรียนมีการจัดระเบียบความรู้ที่ได้รับมาหรือการขยายโครงสร้างความรู้ในสมองของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ โดยสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่แทนความรู้ แสดงถึงความเข้าใจของแต่ละบุคคลและผู้เรียนสามารถสื่อตัวแทนของความรู้นี้ในรูปแบบของการอธิบาย การบรรยาย สมการ การเขียนแผนภาพ การประดิษฐ์ รูปภาพ กราฟ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น

เมื่อพิจารณาเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โชคชัย ยืนยง (2551) ได้กล่าวว่า เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS Approach) คือ ผู้เรียนสามารถเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้จากการ

ประมวลด้วยตนเอง เป็นผู้ที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม สามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีเหตุ มีผล รู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักพัฒนาตนเอง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดีและเป็นสมาชิกที่ดี มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ชุมชน ท้องถิ่นและสังคม จากเป้าหมายที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยเห็นว่านอกจากนักเรียนจะเกิดมโนมติวิทยาศาสตร์ จนสามารถนำความรู้ไปตัดสินใจแก้ปัญหาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งขออธิบายเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

2.7 การคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ เป็นการคิดที่อาศัยกระบวนการทางปัญญาที่ซับซ้อนหรือกระบวนการทำงานของสมองในระดับที่สูงกว่าการใช้ความคิดตามปกติ การคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นอย่างมีระบบ มีขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะต้องอาศัยเทคนิคที่สำคัญ คือ ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้อง กับเทคนิคในการตั้งคำถามในการวิเคราะห์สิ่งต่างๆ เพื่อให้การคิดเกิดความสมบูรณ์ถูกต้องมากที่สุดในเรื่องต่างๆ เช่น เรื่องความชัดเจน ความเที่ยงตรง ความพอดี ความลึก ความกว้าง ความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง และความสำคัญ เป็นต้น การคิดวิเคราะห์ไม่เพียงแต่จะช่วยให้บุคคลแก้ปัญหาที่ยุ่งยากสลับซับซ้อนได้เท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยให้บุคคลสามารถสังเคราะห์ สร้างสรรค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาจากสิ่งต่างๆที่มีอยู่แต่เดิม และการที่บุคคลสามารถคิดวิเคราะห์เป็น แสดงว่าบุคคลมีศักยภาพทางด้านการคิดขั้นสูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงจัดให้การคิดวิเคราะห์เป็นความคิดที่ต้องอาศัยกระบวนการทางปัญญา ที่มนุษย์ใช้ในการตรวจสอบความรู้ ข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่เพื่อให้เกิดความถูกต้อง เที่ยงตรง ชัดเจน และบังเกิดผลได้อย่างสมบูรณ์เพียบพร้อม ขณะเดียวกันการคิดวิเคราะห์ยังช่วยให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์หรือสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาจากองค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่เดิมได้ด้วย นอกจากนี้การคิดวิเคราะห์จะทำให้บุคคลมีศักยภาพในการคิดสูงขึ้น มีเหตุมีผล ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ สามารถจัดการกับสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นหรือที่เผชิญอยู่อย่างชาญฉลาด (วณิช สุธารัตน์, 2547)

2.7.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศักดิ์ (2542) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบต่างๆของสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น และอธิบายเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการสืบค้นข้อเท็จจริงเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง โดยการตีความ การจำแนกแยกแยะ การทำความเข้าใจ

กับองค์ประกอบของสิ่งนั้นกับองค์ประกอบอื่นๆที่สัมพันธ์กัน รวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลที่ไม่ขัดแย้งกันระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นด้วยเหตุผลที่หนักแน่นน่าเชื่อถือ

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2549) สรุปความหมายของการคิดวิเคราะห์ ไว้ว่า เป็นการระบุเรื่องหรือปัญหา จำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มอย่างเป็นระบบ ระบุเหตุผลหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลหรือหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอในการตัดสินใจ/แก้ปัญหา/คิดสร้างสรรค์

ศูนย์ศึกษาการคิดวิเคราะห์แห่งสหรัฐอเมริกา (Center for Critical Thinking) (1996 อ้างถึงใน วณิช สุธารัตน์, 2547) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้หลายลักษณะดังต่อไปนี้

การคิดวิเคราะห์เป็นวิธีคิดที่ทำให้ผู้คิดมีความชำนิชำนาญในการคิด สามารถก่อให้เกิดผลผลิตทางปัญญาที่ดีกว่า และสามารถประเมินผลงานทางด้านสติปัญญาได้ดี ส่งผลให้การกระทำด้านต่างๆมีเหตุผลดีขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งทางด้านการดำเนินชีวิต และการทำกิจการงานทั้งหลาย

การคิดวิเคราะห์ เป็นสิ่งที่ใช้เป็นมาตรฐานของการวัดผลทางสติปัญญาและการกระทำของมนุษย์ ซึ่งมีสาระสำคัญอยู่ที่ความสมบูรณ์ถูกต้องของการให้เหตุผล และการตัดสินสิ่งต่างๆ

การคิดวิเคราะห์ เป็นการคิดที่เต็มไปด้วยสาระ และมีส่วนสร้างความเจริญแก่วิทยาการทุกๆสาขา ทำให้ทุกเรื่องมีความสมบูรณ์ทางด้านเหตุผลและการปฏิบัติทั้งวิชาในสายวิทยาศาสตร์ ศิลปะและวิชาชีพ

การคิดวิเคราะห์ เป็นวิธีการที่บุคคลใช้ประเมินผลตนเอง เพื่อให้รู้ว่าตนเองมีวิธีการให้เหตุผลและการตัดสินเรื่องต่างๆมีความสมบูรณ์เพียบพร้อมเพียงใด

สุวิทย์ มูลคำ (2546) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริง หรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ เป็นการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือ ข้อความ ข่าวสาร ที่ได้รับโดยการตีความ การจำแนกแยกแยะข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้นกับองค์ประกอบอื่นๆที่สัมพันธ์กัน โดยใช้หลักเหตุและผล เพื่อใช้ในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

2.7.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์กับความคิดระดับสูง

จากการศึกษาแนวคิด หลักการของกระบวนการคิด ของนักการศึกษา นักคิด นักจิตวิทยาทั้งหลาย การคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานหรือเป็นเพียงขั้นตอนหนึ่งของความคิดระดับสูง แต่รายละเอียดของแต่ละท่านก็จะแตกต่างกันไป ไม่ชัดเจนว่าคิดวิเคราะห์อยู่ในขั้นตอนที่เหมือนกัน แต่จะมีข้อความที่แดงถึงการคิดวิเคราะห์ปรากฏอยู่ เช่น การแยกแยะ การจำแนก การจัดระบบข้อมูล การเปรียบเทียบ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล การหาสาเหตุการมีเหตุผล ฯลฯ ซึ่งข้อความที่กล่าวข้างต้นเป็นลักษณะของการคิดวิเคราะห์ดังความสัมพันธ์ในตาราง (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2549)

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคิดวิเคราะห์กับความคิดระดับสูง

การคิดระดับสูง	การคิดวิเคราะห์
การแก้ปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา หาความสัมพันธ์ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา เปรียบเทียบทางเลือก ลงมือแก้ปัญหา ตรวจสอบผลการดำเนินงาน
การตัดสินใจ	หาเหตุผลจำแนกข้อมูล เปรียบเทียบทางเลือก เพื่อการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล
คิดอย่างมีวิจารณญาณ	จำแนกแยกแยะ จัดระบบอย่างมีเหตุผล เปรียบเทียบข้อมูล เพื่อการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล
คิดสร้างสรรค์	เชื่อมโยงความสัมพันธ์ข้อมูล จัดระบบข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลใหม่กับข้อมูลเดิม ผสมผสานนำไปสู่การสร้างผลงานที่สร้างสรรค์โดยพัฒนาจากของเดิมหรือสร้างขึ้นใหม่

2.7.3 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

ลักษณะการวิเคราะห์ตามความหมายของบลูม (1956 อ้างถึงในประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) สามารถจำแนกการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. การวิเคราะห์หาความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่างๆ (Analysis of elements) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด ประกอบด้วย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

1.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้น เหตุการณ์นั้นๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ข้อความ “ทำดีได้ดี ทำชั่วได้ชั่ว” เป็นข้อความชนิดใด ม้าน้ำเป็นพืชหรือสัตว์ เป็นต้น

1.2 วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่างๆ เช่น สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร การปฏิบัติเช่นนั้นเพื่ออะไร

1.3 วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้น หรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น ซึ่งมิได้บอกตรงๆ แต่มีร่องรอยของความจริงซ่อนอยู่ เช่น เรื่องนี้ให้ข้อคิดอะไร ภาพนี้หมายถึงใคร

2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ โดยการระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งสองสิ่งว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันในลักษณะไหน ซึ่งอาจเป็นความสอดคล้องกันหรือขัดแย้งกันก็ได้ ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิดความสัมพันธ์ มุ่งให้คิดว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใด มีสิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่สอดคล้องกัน มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.2 วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ เช่น สิ่งใดเกี่ยวข้องกันมากที่สุดหรือน้อยที่สุด การเรียงลำดับมากน้อยของสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้อง สิ่งใดสัมพันธ์กับสถานการณ์

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ เช่น เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้วเกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้าง การเรียงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ เช่น ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอะไร เพื่ออะไร หรือมีจุดมุ่งหมายอะไร

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล เช่น เรื่องใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้ ข้อความใดเป็นเหตุเป็นผลแก่กันหรือขัดแย้งกัน

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปมัย เช่น ระบบประชาธิปไตยเหมือนกับระบบการทำงานของอวัยวะในร่างกาย

3. การวิเคราะห์หาหลักการที่รวมกันเป็นระบบ (Analysis of Organizational Principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่างๆว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไรหรือยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง การคิดวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์

ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การที่จะวิเคราะห์เชิงหลักการได้ดี ต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ซึ่งประกอบด้วย

3.1 วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของสิ่งต่างๆ เช่น สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอะไร คำกล่าวนี้มีลักษณะอย่างไร โครงสร้างของสังคมไทยเป็นอย่างไร

3.2 วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่างๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้ เช่น หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

Marzano (2001 อ้างถึงในประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) ได้กล่าวว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. ทักษะการจำแนก เป็นการแยกแยะส่วนต่างๆทั้งเหตุการณ์ เรื่องราวสิ่งของออกเป็นส่วนย่อยๆให้เข้าใจง่ายมีหลักเกณฑ์ สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ได้

2. ทักษะการจัดหมวดหมู่ เป็นความสามารถในการจัดประเภท จัดลำดับ จัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน โดยยึดโครงสร้างลักษณะหรือสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน

3. ทักษะการเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆว่า สัมพันธ์กันอย่างไร

4. ทักษะการสรุปความ หมายถึง ความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลจากสิ่งที่กำหนดให้ได้

5. การประยุกต์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่างๆ สามารถคาดการณ์ กะประมาณ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตได้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) ได้ประมวลแนวคิดของบลูม และ มาซาร์โน สรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ประมวลแนวคิดลักษณะการคิดวิเคราะห์ของบลูม และ แนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์ของมาซาร์โน

แนวคิดลักษณะการคิดวิเคราะห์ของบลูม	แนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์ของมาซาร์โน
1. การวิเคราะห์ความสำคัญ	1. การจำแนก 2. การจัดหมวดหมู่
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3. การเชื่อมโยง
3. การวิเคราะห์หลักการ	4. การสรุปความ 5. การประยุกต์

2.7.4 คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนักคิดวิเคราะห์

นอกจากการคิดวิเคราะห์ จะต้องอาศัยการเข้าใจเรื่องของการให้เหตุผล การรู้จักวิธีการตั้งคำถาม เพื่อให้เป็นการตรวจสอบ มีความเข้าใจกระบวนการหรือขั้นตอนของการคิดวิเคราะห์และเข้าใจเรื่องสมรรถภาพของการคิดวิเคราะห์แล้ว องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการคิดวิเคราะห์ก็คือ คุณสมบัติที่เหมาะสมของผู้คิดวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Wood and wood, 1996 อ้างถึงใน วณิช สุธารัตน์, 2547)

1. เป็นผู้ที่มีความคิดเป็นอิสระ คือจะไม่รับอะไรในทันที หรือเชื่อในสิ่งที่เห็นหรือได้ยิน แต่จะวิเคราะห์อย่างระมัดระวัง และประเมินสิ่งต่างๆด้วยเหตุผลและความเป็นไปได้ สามารถบอกได้ว่าส่วนใดเป็นการใช้เหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง

2. เป็นผู้ที่พร้อมที่จะชะลอการสรุปหรือการตัดสินไว้ก่อน ขณะที่ข้อมูลข่าวสารที่ใช้ในการตัดสินยังไม่พร้อมหรือยังไม่ถูกต้อง

3. เป็นผู้ที่พร้อมที่จะยกเลิกวิธีการคิด และการตัดสินตามแบบเก่า โดยเฉพาะในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อ เมื่อมีข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่เชื่อถือได้และขัดแย้งกับความเชื่อที่มีมาแต่เดิม ก็จะมีการประเมินข้อมูลหลักฐานใหม่ ถ้าเห็นว่าน่าเชื่อถือกว่าก็จะยกเลิกความเชื่อถือเก่าทันที

4. นักวิเคราะห์จะให้ความสำคัญ ทั้งเนื้อหาสาระของข้อมูลข่าวสาร และแหล่งที่มาของข้อมูล เช่น พิจารณาว่าข้อมูลที่อ้างอิงนั้น มีแหล่งกำเนิดมาจากไหนเป็นอย่างไร ทั้งนี้เนื่องจากการอ้างอิงข้อมูลโดยทั่วไป ผู้อ้างจะเติมความคิดเห็น ข้อสรุป หรือสิ่งอื่นๆ ตามที่ตนเห็นว่ามีความเหมาะสมเข้าไปด้วย ข้อมูลที่ถูกต้องจึงเป็นข้อมูลดั้งเดิมหรือข้อมูลปฐมภูมิ

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติบุคคลที่เอื้อต่อการคิดวิเคราะห์ไว้ 4 ประการ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ ผู้คิดต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้นๆเพราะจะช่วยกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ จำแนก การแจกแจงองค์ประกอบ จัดหมวดหมู่ และลำดับความสำคัญหรือหาสาเหตุของเรื่องราวเหตุการณ์ได้ชัดเจน

2. ช่างสังเกต ช่างสงสัย ช่างไต่ถาม คนที่ช่างสังเกต ย่อมสามารถมองเห็นหรือค้นหาความผิดปรกติของสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่ดูแล้วเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้น มองเห็นแง่มุมที่แตกต่างไปจากคนอื่น คนช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปรกติแล้วจะไม่ละเลย แต่จะหยุดคิดและพิจารณา คนช่างไต่ถาม ชอบตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่จะพูดอยู่เสมอ เพื่อนำไปสู่การขบคิดค้นหาความจริงในเรื่องนั้น คำถามที่มักใช้กับการคิดวิเคราะห์คือ 5 W 1 H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไหร่) Why (ทำไม) Who (ใคร) และ How (อย่างไร)

3. ความสามารถในการตีความ การตีความเกิดจากการรับรู้ข้อมูลเข้ามาทางประสาทสัมผัส สมองจะทำการตีความข้อมูล โดยการวิเคราะห์เทียบเคียงกับความทรงจำหรือความรู้เดิมที่เกี่ยวกับเรื่องนั้น เกณฑ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินจะแตกต่างกันไปตามความรู้ประสบการณ์และค่านิยมของแต่ละบุคคล ดังนั้น ความรู้ต่างกัน การตีความข้อมูลหรือเหตุการณ์ที่พบเห็นก็แตกต่างกันไปด้วย

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล การคิดวิเคราะห์จะเกิดขึ้นเมื่อพบสิ่งที่มีความคลุมเครือ เกิดความสงสัยตามมาด้วยคำถาต้องค้นหาคำตอบหรือความน่าจะเป็นว่ามีความเป็นมาอย่างไร ซึ่งสมองจะพยายามคิดเพื่อหาข้อสรุปความรู้ความเข้าใจอย่างสมเหตุสมผล

2.7.5 แนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

ดิลก คิลกานนท์ (2539 อ้างถึงใน จริยา ภูสีฤทธิ์, 2550) ได้เสนอแนวทางในการฝึกให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ว่า คือ อะไร ขั้นนี้ผู้เรียนต้องรวบรวมปัญหา หาข้อมูล พร้อมสาเหตุของปัญหา จากการคิด การถาม การอ่าน หรือพิจารณาจากข้อเท็จจริงนั้น ๆ

2. กำหนดทางเลือก เมื่อหาสาเหตุของปัญหานั้นได้แล้ว ผู้เรียนต้องหาทางเลือกที่จะแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ และข้อจำกัดต่าง ๆ ทางเลือกที่จะแก้ปัญหาได้นั้นไม่จำเป็นต้องมีทางเดียว อาจมีหลาย ๆ ทางเลือกก็ได้

3. เลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เป็นการพิจารณาเลือกทางเลือกที่ใช้แก้ปัญหานั้น โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินใจสำคัญ คือ ผลดีผลเสียที่เกิดขึ้นจากทางเลือกนั้นทั้งที่เกิดขึ้นในด้านส่วนตัวและสังคมรวม

4. ตัดสินใจ เพื่อพิจารณาเลือกอย่างรอบคอบในขั้นตอนที่ 3 แล้วจึงตัดสินใจเลือกทางเลือกที่คิดว่าดีที่สุด

หลังจากนั้นครูต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอความคิดของเขา และอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม โดยครูต้องยอมรับความคิดเห็นของทุกคน ถ้าหากคำตอบของผู้เรียนมีการขัดแย้งขึ้นอยู่ในกลุ่ม ครูต้องยอมรับความคิดเห็นของทุกคน ถ้าหากคำตอบของผู้เรียนมีการขัดแย้งขึ้นในกลุ่ม ครูต้องเป็นผู้ตั้งคำถามด้วยการให้คิดต่อไปว่า คำตอบใดก่อผลในทางดีและไม่ดีอย่างไรบ้าง อะไรเป็นประโยชน์แก่ตนเองและสังคมรวมมากที่สุด ครูพึงระลึกเสมอว่าคำตอบเดียวหากครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์และอภิปรายปัญหาต่าง ๆ เช่น น่าประจำ ก็น่าเชื่อได้ว่ากำลังสอนให้คนคิดเป็นแล้ว

ศูนย์ศึกษาการคิดวิเคราะห์แห่งสหรัฐอเมริกา (Center for Critical Thinking) (1996 อ้างถึงในสุมาลี ชัยเจริญ, 2550) ได้เสนอเทคนิคเทคนิคการตั้งคำถามเพื่อการคิดวิเคราะห์ ไว้โดยกล่าวว่า การตั้งคำถามเป็นเรื่องที่มีความสำคัญพอๆกับความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้อง การตั้งคำถามที่ดีจะทำให้สิ่งที่คลุมเครืออยู่ เช่น ความหมายของสิ่งต่างๆ ขอบข่ายของปัญหา เป้าหมาย ความลึก ฯลฯ มีความชัดเจนยิ่งขึ้น การตั้งคำถามที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้การให้เหตุผลเป็นไปด้วยความสะดวก มีความยุ่งยากน้อยลง มีความเป็นระบบ และช่วยให้แก้ปัญหาได้ ลักษณะของคำถามที่จะช่วยให้คิดหาเหตุผลในระดับลึกหรือเป็นเหตุผลจากการใช้ปัญญาของการคิดวิเคราะห์นั้น จะต้องมีคุณสมบัติอยู่ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ความชัดเจน (Clarity) ความชัดเจนของปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการคิด ตัวอย่างของปัญหาที่ตั้งขึ้นมาเพื่อตรวจสอบความชัดเจน เช่น สามารถอ้างอิงได้หรือไม่ สามารถอธิบายส่วนนั้น โดยวิธีอื่นๆได้หรือไม่ สามารถอธิบายขยายความส่วนนั้นให้มากขึ้นได้หรือไม่ ยังมีเรื่องอะไรอีกที่เรายังไม่รู้

2. ความเที่ยงตรง (Accuracy) เป็นคำถามที่บอกว่าทุกคนสามารถตรวจสอบได้ถูกต้องตรงกันหรือไม่ ตัวอย่างคำถาม เช่น สามารถตรวจสอบได้หรือไม่ ตรวจสอบอย่างไร เราจะหาหลักฐานได้อย่างไร ถ้าตรงนั้นเป็นเรื่องจริง เราจะตรวจสอบเรื่องนี้ได้อย่างไร ที่ไหน ด้วยวิธีการใด

3. ความกระชับ ความพอดี (Precision) เป็นความกะทัดรัด ความเหมาะสม ความสมบูรณ์ของข้อมูล ตัวอย่างคำถามเช่น จำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนี้ได้อีกหรือไม่

4. ความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง (Relevance) เป็นการตั้งคำถามเพื่อคิดเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ ตัวอย่างคำถามเช่น สิ่งนั้นเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร ผลที่เกิดขึ้นมีที่มาอย่างไร ตรงส่วนนั้นช่วยให้เราเข้าใจอะไรได้บ้าง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

5. ความลึก (Deep) หมายถึง ความหมายในระดับที่ลึก ความคิดลึกซึ้ง การตั้งคำถามที่สามารถเชื่อมโยงไปยังการคิดหาคำตอบที่ลึกซึ้ง ถือว่าคำถามนั้นมีคุณค่ายิ่ง ตัวอย่างคำถาม เช่น ตัวประกอบอะไรบ้างที่ทำให้ตรงนี้เป็นปัญหาที่สำคัญ อะไรที่ทำให้ปัญหาเรื่องนี้มันซับซ้อน

6. ความกว้างของการมอง (Breadth) เป็นการทดลองเปลี่ยนมุมมอง โดยให้ผู้อื่นช่วย ตัวอย่างคำถามเช่น จำเป็นจะต้องมองสิ่งนี้ จากด้านอื่น คนอื่นด้วยหรือไม่ มองปัญหานี้โดยใช้วิถีทางอื่นๆบ้างหรือไม่ ยังมีข้อมูลอะไรในเรื่องนี้อีกหรือไม่ที่นำมากล่าวถึง

7. หลักตรรกวิทยา (Logic) มองในด้านของความคิดเห็นและการใช้เหตุผลตัวอย่างคำถามเช่นสิ่งที่พูดมีหลักฐานอ้างอิงหรือไม่ สิ่งที่กล่าวอ้างมีขอบข่ายครอบคลุมรายละเอียดทั้งหมดหรือไม่ สิ่งที่กล่าวอ้างหรือการสรุปมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เป็นจริงหรือไม่

8. ความสำคัญ (Significance) หมายถึง การตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งเหล่านั้นมีความสำคัญอย่างแท้จริงหรือไม่ ตัวอย่างคำถามเช่น ส่วนไหนของความจริงที่สำคัญที่สุด นี่คือปัญหาที่สำคัญที่สุดในเรื่องนี้ใช่หรือไม่ ตรงจุดนี้เป็นจุดสำคัญที่ควรให้ความสนใจหรือเปล่า

2.7.6 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) คือ การวัดความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยของสถานการณ์หรือเนื้อหาว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์อะไร นอกจากนี้ยังมีส่วนย่อยใดที่สำคัญ ในแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้างและเกี่ยวพันโดยอาศัยหลักการใด จะเห็นว่าการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันเสมอ การวิเคราะห์จึงต้องอาศัย พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ มาประกอบการพิจารณาวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ซึ่งล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) แบ่งการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่าชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด เหตุการณ์ใด สิ่งที่อยู่นั้นอะไรสำคัญ จำเป็นและมีบทบาทมากที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล เหตุผลใดถูกต้องเหมาะสมที่สุดหรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ สิ่งที่ซ่อนเร้น

ตัวอย่างคำถาม เช่น การรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ กับการรับประทานอาหารเสริมที่จำหน่ายตามร้านขายยาทั่วไป อย่างไหนดีต่อร่างกายมากกว่ากัน

2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวของสิ่งต่างๆว่าของชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน หรือการหาความสัมพันธ์ความเกี่ยวข้องส่วนย่อยในปรากฏการณ์หรือเนื้อหานั้น หรือค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์ว่ามีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกัน

ตัวอย่างคำถาม เช่น ทำไมกระบองเพชรในทะเลทรายจึงไม่มีใบ

3. การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง ความสามารถที่เข้าใจว่าเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการหรือปรัชญาใด อาศัยเทคนิคหรือหลักการใด สื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ การให้พิจารณาดูชิ้นส่วนหรือส่วนปลีกย่อยต่างทำงานหรือยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้ว่าใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง จึงถามถึงโครงสร้างหรือหลักหรือวิธีการที่ยึดถือ

ตัวอย่างคำถาม เช่น เหตุใดเรือที่มีขนาดใหญ่จึงลอยน้ำได้

2.7.7 ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ(2540) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ที่มีต่อผู้ที่ใช้วิธีการคิดแบบนี้ในหลายด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถปฏิบัติงานอย่างมีหลักการและเหตุผล และได้งานที่มีประสิทธิภาพ

2. สามารถประเมินงานโดยใช้กฎเกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล สามารถประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล และมีความสามารถในการตัดสินใจได้อย่างดีอีกด้วย

3. ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

4. ช่วยให้สามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลที่ชัดเจน ค้นหาความรู้ ทฤษฎี หลักการตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย ตลอดจนหาข้อสรุปได้ดี

5. ช่วยให้ผู้คิดมีความสามารถในการใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง จนถึงขั้นมีความสามารถเป็นนายของภาษาได้

6. ช่วยให้คิดได้อย่างชัดเจน คิดได้อย่างถูกต้อง คิดอย่างกว้าง คิดอย่างลึก และคิดอย่างสมเหตุสมผล

7. ช่วยให้เกิดปัญญา มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีความเมตตา และมีบุคลิกภาพในการสร้างประโยชน์ต่อสังคม

8. ช่วยให้พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคสารสนเทศและเทคโนโลยี

ทับทิม สุริยสุภาพงศ์ และคณะ (2550) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ดังนี้

1. ช่วยให้เรารู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาของเหตุการณ์ต่างๆ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาการประเมินและการตัดสินใจเรื่องต่างๆได้อย่างถูกต้อง

2. ช่วยให้เราสำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏและไม่ด่วนสรุปตามอารมณ์ ความรู้สึกหรืออคติ แต่สืบค้นตามหลักเหตุผลและข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง

3. ช่วยให้เราไม่ด่วนสรุปสิ่งใดๆแต่สื่อสารตามความเป็นจริง ขณะเดียวกันจะช่วยให้เราไม่หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงอย่างเดียว แต่พิจารณาเหตุผลและปัจจัยเฉพาะในแต่ละกรณีได้

4. ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่นๆที่ถูกบิดเบือนไปจากความประทับใจในครั้งแรกทำให้เรามองอย่างครบถ้วนในแง่มุมอื่นๆที่มีอยู่

5. ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต การหาความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏพิจารณาตามความสมเหตุสมผลของสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตัดสินสรุปสิ่งใดลงไป

6. ช่วยให้เราพิจารณาหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้นโดยไม่พึ่งอคติที่ก่อตัวอยู่ในความทรงจำ ทำให้เราสามารถประเมินสิ่งต่างๆได้อย่างแท้จริง

7. ช่วยประมาณการความน่าจะเป็น โดยสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานที่เรามีวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ของสถานการณ์ ณ เวลานั้นอันจะช่วยเราคาดการณ์ความน่าจะเป็นได้อย่างสมเหตุสมผล

จะเห็นได้ว่าการคิดวิเคราะห์มีประโยชน์ต่อบุคคลอย่างหามิได้ ตั้งแต่ช่วยให้บุคคลมีหลักการ มีเหตุผล ทำงานทุกอย่างด้วยการมีเป้าหมาย มีความคิดทุกขั้นตอนที่ชัดเจน เกิดปัญญาสร้างเสริมและพัฒนาความสามารถทางภาษาและเพิ่มพูนศักยภาพการเรียนรู้ของบุคคลให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น การคิดวิเคราะห์จึงนับเป็นการคิดในระดับพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับเราทุกคน หากเราต้องการให้จังหวะก้าวของการเรียนรู้จักชีวิต สิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวเป็นไปด้วยดี อีกทั้งการวินิจฉัย การประเมิน การตัดสินใจ การวางแผนและคาดการณ์อนาคตต่างๆเป็นไปอย่างราบรื่น ลดโอกาสความล้มเหลวจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด เราจำเป็นต้องพัฒนาทักษะความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศักดิ์, 2542)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบความเข้าใจ

เทวฤทธิ์ จันเสริม และ โชคชัย ยืนยง (2551) ได้ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ธรรมชาติของแสง โดยใช้แบบสอบถามปลายเปิดเรื่องธรรมชาติของแสง และทำการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความตรงของการตีความแนวคิดของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถที่จะอธิบายและบอกแหล่งกำเนิดแสงปฐมภูมิได้มากกว่าแสงทุติยภูมิ ทั้งนี้เพราะว่านักเรียนสามารถพบแหล่งกำเนิดแสงปฐมภูมิได้ง่ายในชีวิตประจำวัน สำหรับรูปแบบการทำความเข้าใจเกี่ยวกับทางเดินของแสง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงออกจากแหล่งกำเนิดแสงและเดินทางได้โดยไม่อาศัย

ตัวกลาง เพราะแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รูปแบบการทำความเข้าใจที่นักเรียนวาดรูปและบรรยายเกี่ยวกับ แสงเดินทางเป็นเส้นตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านสุญญากาศและชั้นบรรยากาศของโลก และมีนักเรียนบางคนที่วาดรูปแสดงความเป็นคลื่นของแสง โดยการวาดเป็นลูกคลื่นเหมือนกับคลื่นในเส้นเชือก ส่วนรูปแบบการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการมองเห็น นักเรียนรู้ว่าเรามองด้วยตาของเราและเราต้องการแสงสำหรับใช้ในการมอง แต่มีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เชื่อมโยงการตกกระทบและการสะท้อนของแสงเพื่อใช้อธิบายการมองเห็น

Hubber, P (2006) ทำการศึกษารูปแบบความเข้าใจเรื่อง ธรรมชาติของแสง โดยทำการศึกษาเป็นกรณีศึกษา (Case study) กับนักเรียนจำนวน 6 คน การวิจัยเป็นการศึกษาระยะยาวซึ่งติดตามผลกับนักเรียนตั้งแต่นักเรียนเรียนในชั้นปีที่ 10 ถึง ชั้นปีที่ 12 ใน North Central Victoria; Australia โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงตีความ (Interpretive methodology) ซึ่งใช้เทคนิคสามเส้า (Triangulation) การสังเกตระยะยาว (Long term observation) การตรวจสอบโดยสมาชิก (Member checks) ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาร่วมกับครูผู้สอน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของแสงในนักเรียนชั้นปีที่ 10-11 นักเรียนจะมีรูปแบบความเข้าใจโดยอธิบายธรรมชาติของแสงโดยใช้ รังสี (Ray) และลำแสง (Beam) ส่วนรูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของแสงในนักเรียนชั้นปีที่ 12 นักเรียนจะมีรูปแบบความเข้าใจโดยอธิบายธรรมชาติของแสงโดยใช้ รังสี (Ray) ลำแสง (Beam) คลื่น (Wave) และอนุภาค (Particle) เนื่องจากนักเรียนได้ ในชั้นปี 10-11 ได้เรียนในมโนมติ Geometrical optics ส่วนนักเรียน ในชั้นปีที่ 12 ได้รับการสอนมโนมติ Scientific model in physical optics with quantum idea

Adbo,K and Taber,K.S. (2009) ทำการศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่อง ธรรมชาติอนุภาคของสสาร ของนักเรียนวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน อายุ 16 ปี ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) และให้นักเรียนวาดภาพอะตอมของของแข็ง,ของเหลวและแก๊ส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบที่เหมือนกันที่นักเรียนแต่ละคนมีความเข้าใจ มาอภิปรายเปรียบเทียบกับเนื้อหาของโรงเรียนในสวีเดน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นรูปแบบการสอนเรื่องอะตอม (ใช้ Bohr's model) โดยครูและผู้เขียนหนังสือเรียนในสวีเดนมโนภาพของนักเรียนเกี่ยวกับนิวเคลียสนั้น นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ไม่ได้สัดส่วนและเคลื่อนที่ไม่ได้ นักเรียนได้เน้นรูปแบบการเคลื่อนที่ของอะตอมเป็นแบบดาวเคราะห์ (Planetary model) และไม่เกิดการเชื่อมโยงไปสู่การเคลื่อนที่ไม่ได้ของของแข็ง ข้อค้นพบที่ได้นำไปเปลี่ยนแนวทางการสอนเพื่อทำให้ผู้เรียนพัฒนารูปแบบความเข้าใจให้ดีขึ้น

Tarciso Borges et al (1999 อ้างถึงใน น้ำค้าง จันทร์เสริม, 2551) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับไฟฟ้า พบว่า นักเรียนพยายามที่จะใช้ Mental Model ในรูปแบบที่หลากหลาย

เพื่อแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดของ Mental Model แบบเดิมที่ผู้เรียนมักใช้ Mental Model ในแบบเดิมๆที่เขาเคยชิน โดยครูจะให้นักเรียนเรียนรู้โดยวิธี Predict-Observe-Explain ผลปรากฏว่า นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้ามากขึ้น รวมทั้งนักเรียนสามารถออกแบบวงจร และต่อวงจรไฟฟ้าได้ และนักเรียนใช้ Mental Model ของตนเอง อธิบายในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น เช่น การเขียน การวาดรูปประกอบ การประดิษฐ์ชิ้นงาน เป็นต้น

2.8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

พัดชา เพิ่มพิพัฒน์ (2546) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม 2. เพื่อศึกษาความสามารถในการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอาหารไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม หลังการสอนสูงขึ้นกว่าก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เรื่องอาหารไปใช้ในชีวิตประจำวันจากการทำแบบทดสอบอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 68.10 และจากการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอาหารไปปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน อยู่ในระดับดีมาก โดยด้านเนื้อหาของผลงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 ด้านรูปแบบของผลงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.79 และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.77

สุภาวดี แก้วงาม (2549) ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 2. เพื่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆของร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ที่ระดับ .01 ส่วนการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

อัมพวา รักบิดา (2549) ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด *วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา* และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ1.ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อน ระหว่างก่อนการ จัดการเรียนรู้กับหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม 2. ศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้กับหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 4. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .01 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด

รุ่งนภา ปัดปอภาร (2545) ได้ศึกษาความแตกต่างของความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการเรียนการสอนตามโปรแกรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม และศึกษาจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านหลังทดลอง ผลการศึกษาพบว่า 1)นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามโปรแกรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 4 ด้าน คือ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจมโนมติหลักการ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และด้านความตระหนักในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม ส่วนด้านลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ในเรื่องทักษะที่จำเป็นต่อการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามโปรแกรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หลัง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ทดลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนี้ 1.ด้านความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 87.67 เปอร์เซ็นต์ 2. ด้านความเข้าใจในมโนมติหลักการ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 79.45 เปอร์เซ็นต์ 3. ด้านการนำความรู้และทักษะทางวิทยาสาสตร์ไปใช้ มีจำนวน 78.05 เปอร์เซ็นต์ 4. ด้านความตระหนักในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม มีจำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ 5. ด้านลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 98.63 เปอร์เซ็นต์ 6. ด้านลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องทักษะที่จำเป็นต่อการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 52.05 เปอร์เซ็นต์

2.8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์

จริยา ภูสีฤทธิ์ (2550) ทำการศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

พิรุณวรรณ พลมุข (2550) ทำการศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ของ Underhill ที่มีต่อความสามารถคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี ผลการศึกษาพบว่า การสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ของ Underhill สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ในการเรียนการสอนเรื่องสมบัติของธาตุตามตารางธาตุได้สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุดในด้านต่างๆ ดังนี้ 1) นักเรียนมีความชอบต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร้อยละ 53.33 เห็นว่ากิจกรรมการเรียนสนุก ร้อยละ 23.33 เห็นว่ากิจกรรมช่วยให้สามารถแสดงความคิดเห็นร่วมกันและร้อยละ 1.33 เห็นว่าบรรยากาศในการเรียนเป็นกันเอง 2)นักเรียนมีความคิดเห็นต่อสิ่งที่ควรปรับปรุงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร้อยละ 56.67 เห็นว่ากิจกรรมมีความเหมาะสมดี ไม่ต้องปรับปรุง ร้อยละ 30.33 เห็นว่าควรเพิ่มเวลาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร้อยละ 10.00 เห็นว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างหลากหลาย 3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมด้านสื่อการเรียนรู้ ร้อยละ 80.00 เห็นว่าสื่อมีความเหมาะสม น่าสนใจ ร้อยละ 13.33 เห็นว่าสื่อควรมีความหลากหลายมากขึ้น ร้อยละ 6.67 เห็นว่าสื่อควรมีภาพประกอบหรือวีดีทัศน์ 4) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมด้านการพัฒนาที่เกิดจากการเรียนรู้ ร้อยละ 60.00 เห็นว่า

กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เกิดการพัฒนาด้านการคิด ร้อยละ 33.33 เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ร้อยละ 6.7 เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาการแสดงออกและทักษะทางวิทยาศาสตร์ 5) นักเรียนมีความคิดเห็นด้านความต้องการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป ร้อยละ 43.33 เห็นว่า กิจกรรมเหมาะสมดีแล้ว ไม่ต้องปรับปรุงกิจกรรม ร้อยละ 23.33 เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นทำกิจกรรมการทดลอง และร้อยละ 16.67 เห็นว่า ควรเพิ่มเวลาการทำกิจกรรมมากขึ้น

จุฬารัตน์ ต่อหิรัญพฤกษ์ (2551) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุธารพิงค์ โนนชัยศรี (2550) ศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ด้านการคิดวิเคราะห์ ร้อยละ 76.19 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 80.95 และนักเรียนมีความคิดเห็นต่อกระบวนการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยภาพรวมเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X} = 4.02$)

2.9 กรอบแนวคิดในการวิจัย