



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเป็นที่ประจักษ์ชัดว่า ประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งหลายต่างมีฐานะเป็นผู้นำของโลกในด้านเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และมีผลต่อการก้าวเข้าสู่ความเป็นประเทศอุตสาหกรรม สำหรับประเทศไทยนั้นรัฐบาลทุกสมัยพยายามที่จะพัฒนาด้านอุตสาหกรรมให้เจริญทัดเทียมกับอารยประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศอุตสาหกรรมใหม่ (Newly Industrialized Countries: NICs) ในเอเชียที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า ประเทศสี่เสือทางอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ ฮังกง เกาหลีใต้ ไต้หวัน และสิงคโปร์ แต่การที่จะเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ได้นั้นจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมากจนถึงระดับที่พึ่งตนเองได้และการที่จะพึ่งตนเองได้นั้นจะต้องมีความพร้อมในด้านทรัพยากรมนุษย์ คือมีบุคลากรที่มีความรู้และมีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปริมาณที่มากพอกับความต้องการ ดังนั้นกระบวนการพัฒนาการศึกษาจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญที่สุดในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพตามที่สังคมต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ควรได้มีการปรับปรุงหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ

จากนโยบายการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแผนการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 6 ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงเนื้อหาสาระและวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พัฒนาครู อุปกรณ์ การเรียนการสอนและจัดทุนการศึกษาเพื่อสนับสนุนการเรียนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น รัฐบาลปัจจุบันได้ตระหนักถึงผลกระทบจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อการพัฒนาประเทศ ดังนั้นในการพัฒนาตามแผนการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539) จึงได้ถือเอาสาระของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเป็นแกนในการพัฒนา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2534) ตามแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 6 โดยมีการเร่งรัดให้มีการดำเนินการมากขึ้น อีกทั้งยังมีเป้าหมายให้วิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นวิชาบังคับในระดับมัธยมศึกษา เพิ่มสัดส่วนการรับนักศึกษาเข้าเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น สนับสนุนการวิจัยและการประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

ทั้งในระดับชุมชน ท้องถิ่นและประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2534)

สำหรับนโยบายและมาตรการในการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539) สรุปได้ดังนี้

นโยบาย

เพื่อเร่งรัดพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งส่งเสริมการเรียนด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมในยุคใหม่ อันจะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ และการรักษาคุณภาพของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

มาตรการ

1. พัฒนาหลักสูตร เนื้อหาสาระและกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในทุกระดับการศึกษาเพื่อให้ทันต่อความก้าวหน้าทางวิชาการและได้มาตรฐานสากล โดยเฉพาะในกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ให้เน้นกระบวนการหาข้อเท็จจริง และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สำหรับวิชาคณิตศาสตร์นั้นให้เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา
2. กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์จนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น เพื่อให้ทันต่อความ ก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี
3. ส่งเสริมให้มีผู้เรียนทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ให้มากขึ้นโดยการสร้างแรงจูงใจ เช่น การประกันการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา การให้ค่าตอบแทนการทำงานสูงเป็นพิเศษ การส่งเสริมความก้าวหน้าในตำแหน่ง เป็นต้น
4. ส่งเสริมและสนับสนุนให้สถาบันอุดมศึกษาจัดการเรียนการสอน การวิจัยในสาขาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับบัณฑิตศึกษาให้เพิ่มขึ้นทั้งในแง่จำนวนสาขา ปริมาณผู้เรียนและคุณภาพวิชาการ เพื่อสร้างกำลังคนและสร้างขีดความสามารถในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่จำเป็นให้เกิดขึ้นในประเทศไทย
5. ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการวิจัย การสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีบนพื้นฐานของทรัพยากรที่มีอยู่ ตลอดจนรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม รวมทั้งให้มีการถ่ายทอดความรู้พื้นฐานกับความรู้สมัยใหม่ที่เป็นสากลทั้งในลักษณะการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาพื้นบ้านในห้องเรียนและนอกห้องเรียน และในลักษณะการนำความรู้สากลสมัยใหม่ไปประยุกต์ใช้กับชุมชน
6. ส่งเสริมให้มีการเผยแพร่ข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ประชาชนได้รับรู้อย่างรวดเร็ว (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2534)

ในการที่จะตอบสนองนโยบายทางการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังกล่าวข้างต้นนั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้มีการปรับปรุงหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายและเริ่มใช้ตั้งแต่ปีการศึกษา 2533 โดยเริ่มในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่4ก่อน และมีการกำหนดจุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า (กรมวิชาการ , 2534)

สำหรับเรื่องกระบวนการเรียนการสอนนั้นยังคงเน้นกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อมุ่งพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะนำไปสู่การเป็นคนมีใจใฝ่รู้อยู่เสมอ มีใจรักในวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถเสาะหาข้อมูล วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตทั้งนี้จะได้จัดกิจกรรมในลักษณะต่างๆกัน เช่น การทดลองที่ทำทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน การค้นคว้าและเขียนรายงาน ตลอดจนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามครูผู้สอนอาจดัดแปลงใช้วิธีการอื่นๆ ได้บ้างเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์แต่ต้องตระหนักเสมอว่า วิธีการที่เลือกควรจะต้องสามารถพัฒนาให้นักเรียนให้มีความสามารถและมีคุณลักษณะตามจุดมุ่งหมายให้ได้มากที่สุด จุดเน้นที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือรูปแบบของกิจกรรมและคำถามควรมีลักษณะที่เอื้ออำนวยให้นักเรียนมีโอกาสฝึกความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และต้องใช้ความคิดของนักเรียนเองมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การพึ่งตนเองได้ในอนาคต (ผู้สื ตามไท, 2531)

แม้ว่าทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะได้พยายามปรับปรุงหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดผลแล้วก็ตาม แต่ปัญหาที่พบในขณะนี้ปรากฏว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษายังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ดังจะเห็นได้จากการวิจัยการประเมินคุณภาพการศึกษา และการประเมินผลการนำหลักสูตรไปใช้ของหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ(2530) ได้วิจัยประสิทธิภาพของการมัธยมศึกษาโดยศึกษาประสิทธิภาพของการมัธยมศึกษาระหว่างปีพ.ศ. 2526-2528 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3ได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 13.34 จากคะแนนเต็ม 35 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.47 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 16.09 คะแนน จากคะแนนเต็ม 35 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ยังได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยคะแนนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีการกระจายน้อยกว่าคะแนนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. หน่วยศึกษานิเทศกรรมสามัญศึกษาได้ประเมินคุณภาพการศึกษาของโรงเรียนมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2530 โดยประเมินคุณภาพการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความถนัดทางการเรียน กิจกรรมทางวิชาการของโรงเรียน และพฤติกรรมการสอนของครู ผลปรากฏว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 23.62 จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 47.24 ของคะแนนเต็ม และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.24 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532)

3. สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ ได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ได้ทำการตรวจสอบ 2 ครั้งคือ ในปีการศึกษา 2526 และในปีการศึกษา 2528 ปรากฏผลดังนี้

ในปีการศึกษา2526 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 ได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 26.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 44 ของคะแนนเต็ม และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.18

ในปีการศึกษา2528 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 ได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์) เท่ากับ 10.57 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.89(กระทรวงศึกษาธิการ, 2531)

4. สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ ได้ทำการประเมินผลการนำหลักสูตรไปใช้ ในปีการศึกษา 2531 ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) มีความสำเร็จด้านการคิดและแก้ปัญหา อยู่ในระดับดีร้อยละ 57.81 พอใช้ร้อยละ 33.77 และควรปรับปรุงร้อยละ 8.43 แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะความสามารถในการแก้ปัญหาพบว่า อยู่ในระดับดีร้อยละ 22.78 พอใช้ร้อยละ 61.07 ควรปรับปรุงร้อยละ 8.43 ส่วนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่าได้คะแนนความสามารถในแก้ปัญหาเฉลี่ยระดับประเทศร้อยละ 46

และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้ระหว่างร้อยละ 48-53 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2534)

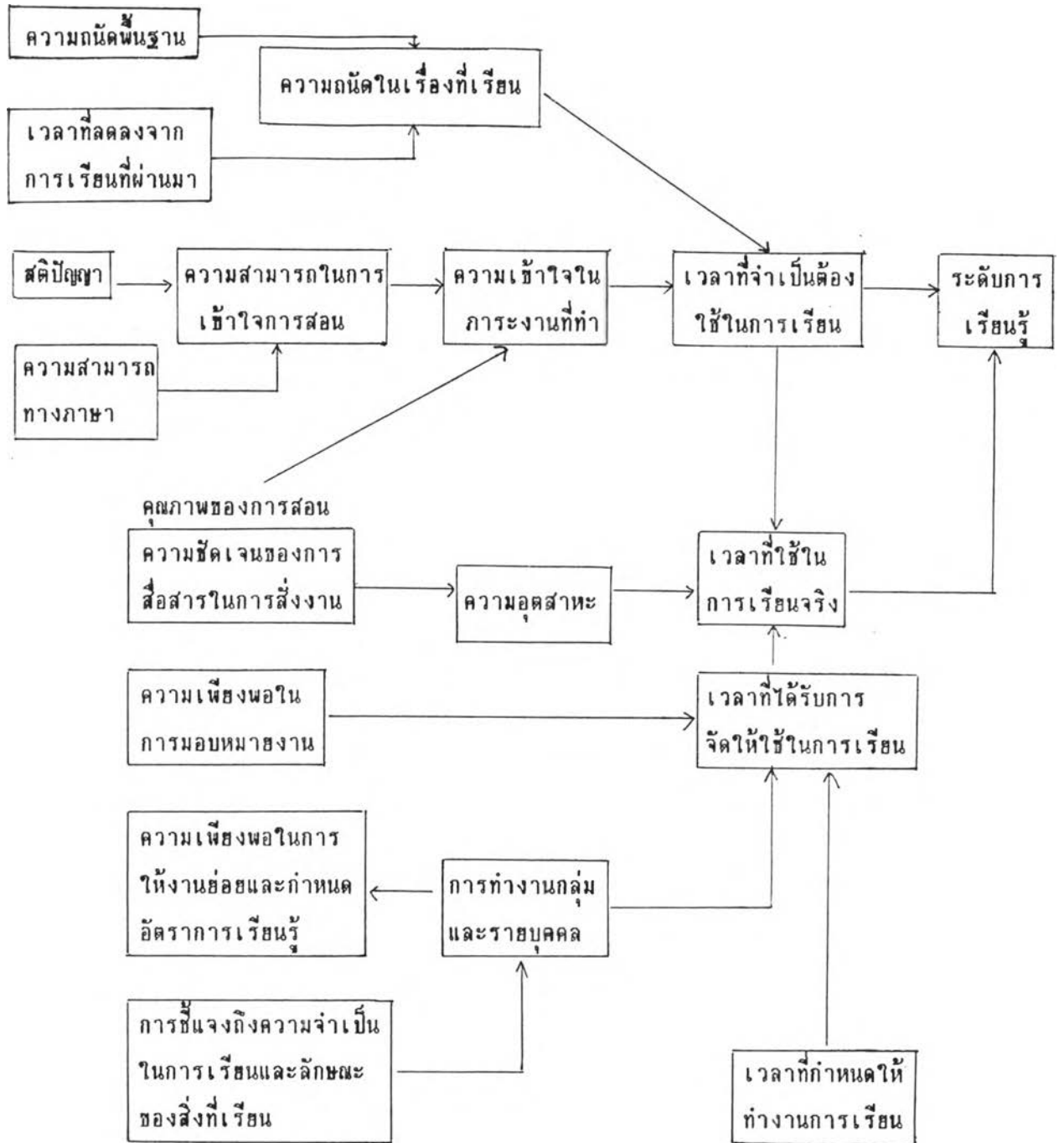
จากผลการวิจัยของหน่วยงานทั้งสามจะเห็นว่า ผลการวิจัยออกมาค่อนข้างจะตรงกันคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาขึ้นอยู่กับระดับที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นควรมีการเร่งหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสูงขึ้นและบรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

ในด้านแนวคิดที่จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นนั้นนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความสนใจและพยายามศึกษาองค์ประกอบต่างที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและเสนอแนวทางแก้ไข ปรับปรุงองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งมีแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่น่าสนใจมีดังนี้

แครอล (Caroll, 1968) ได้เสนอรูปแบบของการเรียนรู้ในโรงเรียน (A Model of School Learning) ซึ่งเขากล่าวว่า "ระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนขึ้นกับปัจจัย 5 อย่าง ซึ่งมีปัจจัย 3 อย่างที่เกี่ยวกับตัวผู้เรียน" ได้แก่

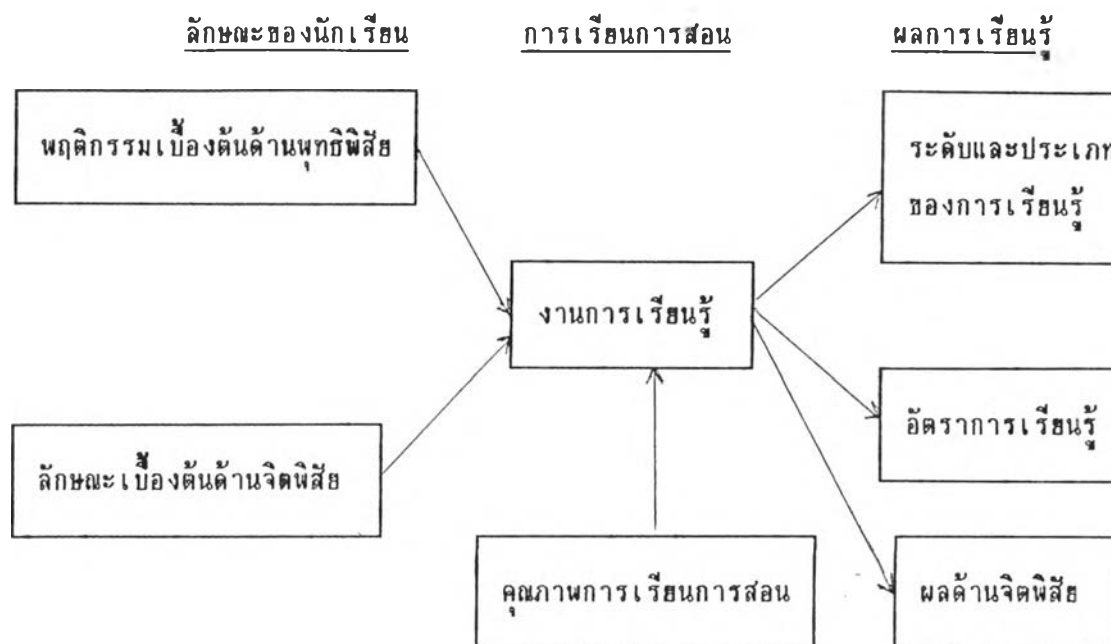
1. ความถนัด (Aptitude) หรือเวลาที่นักเรียนใช้ในการเรียนภาษาได้สภาวะที่เหมาะสม
2. ความสามารถในการเข้าใจการสอน (Ability to understand instruction)
3. ความอดุสาหะ (Persevere) หรือปริมาณเวลาที่ใช้ในการเรียนหรืออย่างกระตือรือร้น สำหรับปัจจัยภายนอกตัวนักเรียนมี 2 อย่างได้แก่
4. คุณภาพในการสอน (Quality of instruction)
5. โอกาสในการเรียนรู้ หรือเวลาที่กำหนดให้ในการเรียน (Opportunity time allowed for learning)

ต่อมาภายหลังแครอลได้ปรับปรุงรูปแบบของเขาให้ชัดเจนยิ่งขึ้นโดยนำปัจจัยทั้ง 5 อย่างมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือระดับการเรียนรู้และได้ขยายให้เห็นองค์ประกอบย่อยของแต่ละปัจจัยทั้งด้านความถนัด ความสามารถในการเข้าใจการสอน ความอดุสาหะ คุณภาพการสอน และโอกาสในการเรียนรู้ ซึ่งแสดงเป็นแผนภาพได้ดังนี้



แผนภาพที่ 1 รูปแบบของการเรียนรู้ในโรงเรียนของแครอล

ต่อมา บลูม (Bloom, 1982) ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียน (Theory of school learning) ซึ่งเขาได้แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆไว้ดังแผนภาพข้างล่าง



แผนภาพที่ 2 แสดงตัวแปรที่สำคัญในทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียนของบลูม

จากแผนภาพที่ 2 จะเห็นว่าตัวแปรที่สำคัญที่เป็นตัวกำหนดผลการเรียนรู้มี 3 ตัวแปรคือ
1. พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนต้องมีมาก่อนได้แก่ ความรู้เดิมและความถนัด เป็นต้น ซึ่ง บลูม (Bloom, 1982) ได้กล่าวไว้ว่า

... ถ้านักเรียนขาดสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้มาก่อน จะเป็นไปไม่ได้ที่จะทำให้เขาเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเพียงพอ ไม่ว่าจะมีการเชิญชวน ให้รางวัลหรือได้รับการสอนที่มีคุณภาพก็ตาม พฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัยจะเป็นสิ่งเชื่อมโยงระหว่างผู้เรียนกับการประสบความสำเร็จในการเรียนรู้...

2. ลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัย (Affective Domain) ได้แก่ แรงจูงใจของนักเรียนที่ทำให้อยากเรียน เจตคติที่มีต่อวิชาที่เรียน เจตคติต่อโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัยนั้นมีความเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย ซึ่ง บลูม ได้กล่าวไว้ว่า "ผู้ที่ได้รับผลสัมฤทธิ์สูงจะสามารถเพิ่มเจตคติต่อวิชานั้นไปในทางบวกและในทางกลับกัน เจตคติทางบวกก็จะช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นด้วย"

3. คุณภาพของการเรียนการสอน บลูม ได้แยกองค์ประกอบของคุณภาพการเรียนการสอนไว้ 4 ประการคือ

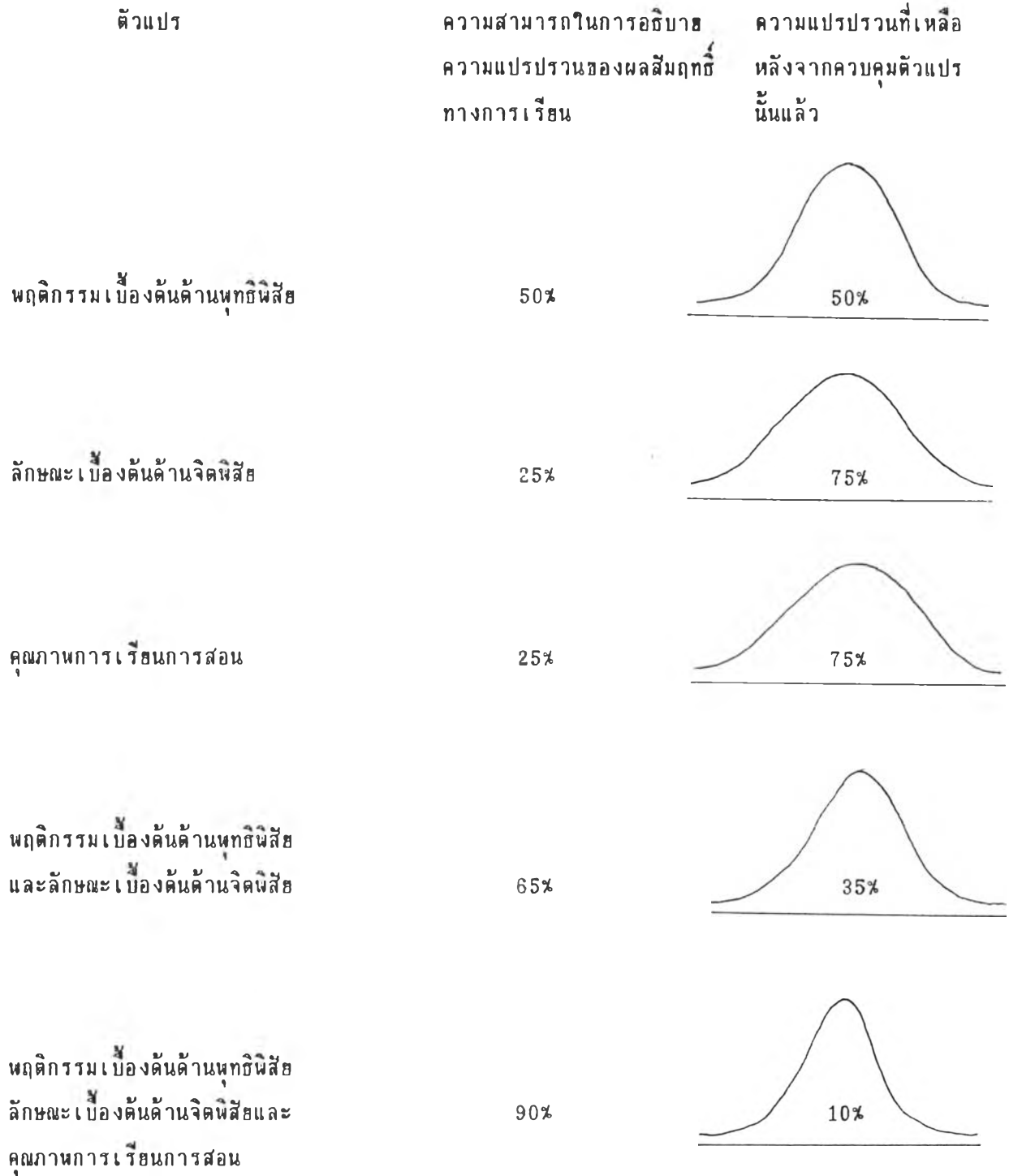
3.1 การชี้แนะ (Cues)

3.2 การเสริมแรง (Reinforcement)

3.3 การมีส่วนร่วม (Participation)

3.4 การให้ข้อมูลป้อนกลับและแก้ไขข้อบกพร่อง (Corrective feedback)

ตัวแปรทั้ง 3 ตัว จะเป็นตัวกำหนดผลการเรียนรู้ของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมด้านจิตพิสัยดี มีลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัยดีและได้รับการสอนที่มีคุณภาพจะทำให้ผลการเรียนรู้อยู่ในระดับที่สูง ซึ่ง บลูม (Bloom, 1982) ได้กล่าวถึงอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 3 นี้ ที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ ได้ตามที่แสดงในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 แสดงผลของตัวแปรที่อธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
(Bloom, 1982:169)

จากแผนภาพที่ 3 จะเห็นว่า ตัวแปรพฤติกรรมเบื้องต้นด้านพุทธิพิสัยสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มากที่สุด คือร้อยละ 50 รองลงไปเป็นตัวแปรลักษณะเบื้องต้นทางจิตพิสัย และ คุณภาพการเรียนการสอนซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ร้อยละ 25 เท่ากัน แสดงว่า พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่จะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนควรคำนึงถึงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเป็นอันดับแรกโดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้เดิมของผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของออสเชล (Ausubel, 1969) ที่เห็นว่า ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเรียนรู้ คือ ปริมาณความรู้เดิม ความชัดเจน และการจัดระบบระเบียบความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่ ซึ่งประกอบด้วย ข้อเท็จจริง หลักการ ทฤษฎี และ ข้อมูลดิบซึ่งผู้เรียนได้เรียนรู้ในช่วงเวลาต่างๆซึ่งเรียกว่า โครงสร้างของความรู้ (Cognitive structure) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนความสำคัญของความรู้เดิมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น จากงานวิจัยของบลูม (Bloom, 1982) พบว่า ความรู้พื้นฐานเดิมสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้และสรุปว่า หลังจากเกรด 3 แล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในชั้นก่อนๆ จะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางในเกรด 12 เท่ากับ .70 ขึ้นไป งานวิจัยของบราซท์และฮอปกินส์ (Bloom, 1976 citing Bratch and Hopkins) รายงานว่า สหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในเกรด 3 กับ เกรด 11 เท่ากับ .82 นั่นคือ ประมวลสองในสามของความแปรปรวนในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเกรด 11 สามารถพยากรณ์ได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านมาแล้ว 4 ปี

นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยซึ่งใช้คะแนนผลการเรียนเดิมร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ เพื่อศึกษาอิทธิพล หรือค้นหาตัวทำนายที่ดีในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น งานวิจัยของบุญชัม ศรีสะอาด (2524) ปาจารย์ วิชชวัลลค์ (2527) ชีรพงษ์ แก่นอินทร์ (2532) ซึ่งก็ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นทางเพื่อศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ต่างก็พบว่า ความรู้พื้นฐานเดิมเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำหรับลักษณะเบื้องต้นด้านจิตพิสัยโดยเฉพาะเรื่องเจตคติต่อวิชาที่เรียนนั้น บลูม (Bloom 1982) ได้กล่าวไว้ว่า ผู้ที่ได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะช่วยเพิ่มเจตคติที่ดีต่อวิชานั้นในทางบวก และในทางกลับกัน เจตคติทางบวก ก็จะช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นด้วย ซึ่งงานวิจัยที่สนับสนุนความสำคัญของเจตคติต่อวิชาที่เรียนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น ปาจารย์ วิชชวัลลค์ (2527) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบด้าน ลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้าน และ สภาพแวดล้อมทางโรงเรียน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา

พบว่า เจตคติต่อวิชาที่เรียนมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของเมอร์เรย์ (Murray, 1975) ที่พบว่า การสอนที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียนได้

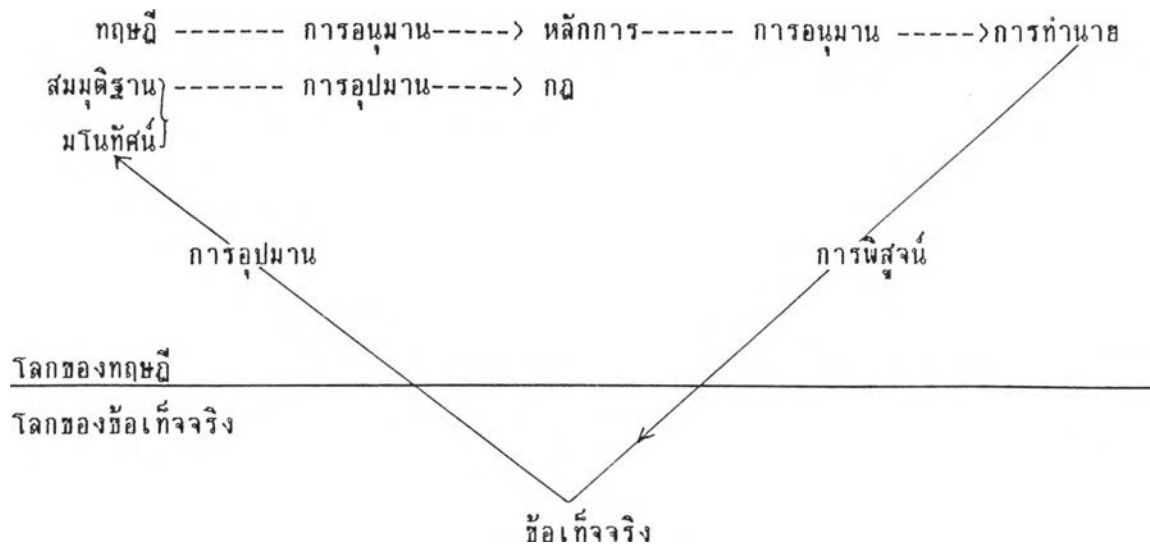
ส่วนเรื่องคุณภาพการเรียนการสอนก็เป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เช่นกัน อีกทั้งเป็นตัวแปรที่ครูสามารถจัดกระทำได้เองเป็นตัวแปรภายนอกตัวนักเรียนและครูเป็นผู้มีบทบาทต่อคุณภาพการเรียนการสอนโดยตรง งานวิจัยที่สนับสนุนความสำคัญของคุณภาพการสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนงานวิจัย เช่น ผลการวิจัยของกราวส์และกูด (Grouws and Good, 1983) ได้เสนอผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการสอนของครูที่มีผลต่อผลการเรียนของนักเรียนว่าการสอนอย่างตั้งใจจริง การเข้าใจความคิดรวบยอดของสิ่งที่จะสอนและอธิบายได้อย่างชัดเจน รวมทั้งการจัดกิจกรรมการสอนอย่างเหมาะสมจะช่วยทำให้นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้น ส่วนโซลติส (Soltis, 1987) ได้ศึกษาพบว่า องค์ประกอบด้านคุณภาพการสอนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการสอนในประเทศไทย ประนอม ทวีกาญจน์ (2526) ได้ทำการศึกษาพบว่า คุณภาพการสอนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2524) ปาจรีย์ วัชวัลคุ (2527) และ สมเกียรติ บุญรอด (2531) ต่างก็พบว่า คุณภาพของการสอนมีอิทธิพลทั้งทางตรง (Direct effect) และทางอ้อม (Indirect effect) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการที่พฤติกรรมเบื้องต้นทางพุทธิพิสัย ลักษณะเบื้องต้นทางจิตพิสัยและคุณภาพการเรียนการสอนเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาก ผู้วิจัยจึงเห็นว่า ถ้าได้มีการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้มีคุณภาพโดยใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยมุ่งที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมเบื้องต้นทางพุทธิพิสัย โดยการจัดโครงสร้างของความรู้ที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนให้สอดคล้องกับการจัดโครงสร้างของความรู้ในสมองของมนุษย์และจัดให้ความรู้ใหม่สัมพันธ์กับความรู้เดิม มีความชัดเจน มีระบบระเบียบแล้วย่อมส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นตามที่ต้องการและเมื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นก็จะช่วยเพิ่มเจตคติต่อวิชานั้นด้วย ซึ่งผู้เรียนก็สามารถนำวิธีการที่ครูใช้สอนไปใช้เพื่อการเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแจ่มชัดในสิ่งที่ได้เรียน อันจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ การนำไปแก้ปัญหา และ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ต่อไป

จากความสำเร็จของความรู้พื้นฐาน เจตคติต่อวิชาที่เรียน และคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในทฤษฎีการเรียนรู้ในโรงเรียนของบลูม รวมทั้งผลการวิจัยที่อื่นอันว่าตัวแปรเหล่านี้มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกอบกับรายงานการวิจัยของหน่วยงานทางการศึกษา เช่น จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2530) หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา (2532) และสำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ (2531 และ 2534) พบว่า

วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนการสอนที่จะทำให้เด็กเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องจัดการเรียนการสอนให้เป็นระบบ(System) ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ กานเฮ้ และ บริกจ์ (Gagne and Briggs, 1979) ที่กล่าวว่า "การจัดการเรียนการสอนที่เป็นระบบจะมีผลจะมีผลต่อการพัฒนาเอ็กต์บุคคล" และ สัจด์ อูทรานันท์ (2529) ก็มีความเห็นทำนองเดียวกันโดยกล่าวว่า "การจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบจะช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ"

ในการที่จะจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์กับกระบวนการเรียนการสอนที่จะนำมาใช้ในระบบการเรียนการสอนด้วย เนื่องจากวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายความว่า วิทยาศาสตร์ นอกจากจะประกอบด้วยตัวเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลผลิตแล้วยังประกอบด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อีกด้วย ในส่วนของตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจจำแนกได้เป็น ข้อเท็จจริง (Facts) มโนทัศน์ (Concepts) หลักการ (Principles) กฎ(Laws) สมมุติฐาน (Hypothesis) และทฤษฎี (Theories) ซึ่งคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์(2525) ได้สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ สมมุติฐาน กฎ หลักการและทฤษฎี โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นโลกของข้อเท็จจริง และส่วนที่เป็นโลกของทฤษฎี ซึ่งแสดงไว้ในแผนภาพที่ 4



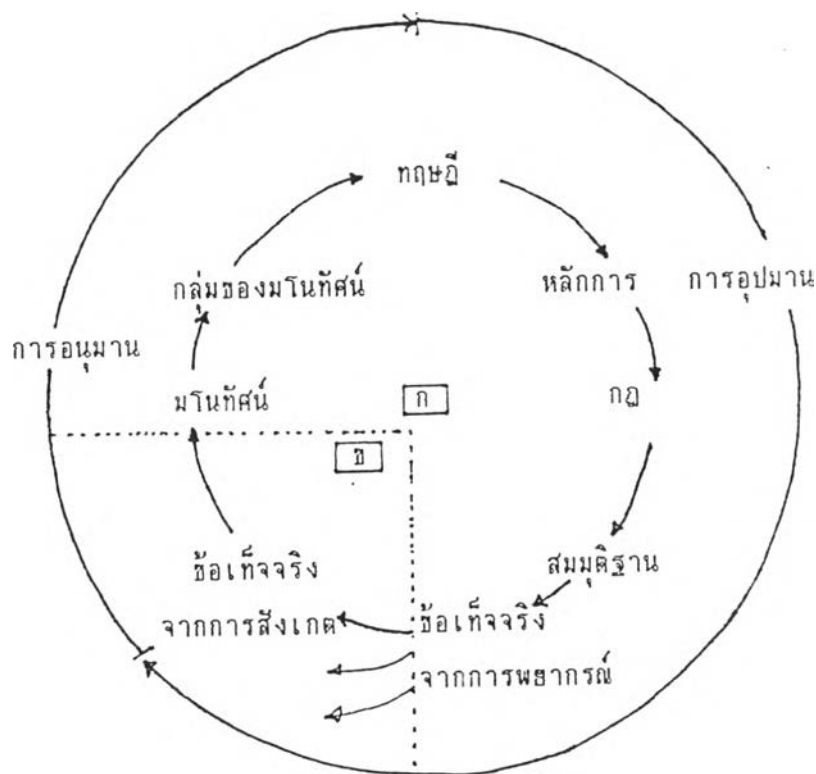
แผนภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎ สมมติฐาน และทฤษฎี (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ , 2525)

จากแผนภาพที่ 4 จะเห็นว่าในส่วนที่เป็นโลกของข้อเท็จจริงจะต้องมีการสังเกต การทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นที่ยอมรับ เมื่อนำข้อเท็จจริงที่รวบรวมได้มาประกอบกับประสบการณ์ของ นักวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่จะทำให้เกิดมโนทัศน์และจากการใช้การอุปมานหรือกระบวนการสร้างแนวคิดทั่วไป จากข้อเท็จจริงทั้งหลายทำให้นักวิทยาศาสตร์สร้างสมมติฐานและสร้างเป็นทฤษฎีได้ ซึ่งทฤษฎีที่ได้สามารถ นำไปอุปมานเป็นหลักการหรือกฎได้ สำหรับหลักการหรือกฎอาจได้มาจากการอุปมานจากมโนทัศน์และ สมมติฐานที่ได้มาจากข้อเท็จจริงก็ได้ จากทฤษฎี หลักการและกฎที่ได้ นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการทำนาย ปรากฏการณ์ที่อาจเกิดตามมาแล้วพิสูจน์ตรวจสอบข้อเท็จจริงอีก ถ้าผลการพิสูจน์ขัดแย้งกับทฤษฎี หลักการ หรือ กฎที่ตั้งไว้ ทฤษฎี หลักการ หรือ กฎ นั้นก็ต้องยกเลิกไป หากสามารถเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงให้ อธิบายหรือทำนายได้กว้างขวางยิ่งขึ้นก็จะเป็นการแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ หรือหากการทำนาย ได้รับการพิสูจน์ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลก็จะยอมรับเป็นข้อเท็จจริงซึ่งจะเป็นข้อมูลในการสร้างมโนทัศน์และ ทฤษฎีต่อไป

สำหรับกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น คุสแลน และ สโตน (Kuslan and Stone, 1969) ได้เสนอว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้มี 6 ขั้นตอน คือ

1. ชีวระบุข้อความของปัญหา
2. ชีวตั้งสมมติฐาน
3. ชีวสืบเสาะหาข้อมูลหลักฐานเพื่อทดสอบสมมติฐาน
4. ชีวประเมินความเที่ยงของสมมติฐาน (สรุปผลการสังเกตหรือการทดลอง)
5. ชีวทบทวนสมมติฐาน (ถ้าจำเป็น)
6. ชีวนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกัน

ลักษณะการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการเปลี่ยนแปลงการสะสมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ ตั้งแต่ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ สมมติฐาน ทฤษฎี หลักการ กฎ การตรวจสอบและการพยากรณ์ของความรู้ประเภทต่างๆ นั้นเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในความรู้เดิมและเป็นการสร้างปัญหาตั้งสมมติฐาน และได้ความรู้ใหม่ต่อไปเป็นวัฏจักร ดังแสดงในแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 (คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525)

จากแผนภาพที่ 5 โครงสร้างของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บริเวณ ก จะได้เป็นความรู้หรือลุ่มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ นักวิทยาศาสตร์แต่ละคน

จากการที่ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นประกอบด้วยเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์จึงต้องให้ผู้เรียนได้รับความรู้ทางด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ใหม่ โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่เป็นแนวทางและในขณะเดียวกันก็ต้องการให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ ด้วยซึ่งปัจจัยที่จะทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างได้ผลนั้นควรประกอบด้วย การฝึกคิดใช้เหตุผล การจัดระบบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียน การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้นเริ่มมีการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นทางการเป็นแบบแผนตั้งแต่สมัยรัตนโกสินทร์ ตอนต้นเป็นต้นมาซึ่งมีวิวัฒนาการพอสรุปได้ดังนี้

1. การสอนวิทยาศาสตร์สมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้นถึง พ.ศ.2478 ในช่วงนี้หลักสูตรที่ ประกาศใช้หลายหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตร พ.ศ.2438 หลักสูตร พ.ศ.2448 หลักสูตร พ.ศ.2454 หลักสูตร พ.ศ.2456 หลักสูตร พ.ศ.2464 และหลักสูตร พ.ศ.2471 ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์จะเป็น การบอกเล่าหรือบรรยายเนื้อหา การให้สังเกตของจริง และการทดลองสาธิตให้นักเรียนดูบ้าง
2. การสอนวิทยาศาสตร์ระหว่าง พ.ศ.2480 ถึง พ.ศ.2502 ในช่วงนี้มีการใช้หลักสูตร หลายหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตร พ.ศ.2480 หลักสูตร พ.ศ.2491 หลักสูตร พ.ศ.2493 และหลักสูตร พ.ศ.2498 ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์จะใช้การบรรยายเนื้อหา การให้นักเรียนฝึกทำการทดลองตาม แบบเรียนและการศึกษานอกห้องเรียนในบางครั้ง
3. การสอนวิทยาศาสตร์ระหว่าง พ.ศ.2503 ถึง พ.ศ.2518 ในช่วงนี้มีการใช้ หลักสูตร 2 หลักสูตรด้วยกันคือ หลักสูตร พ.ศ.2503 และหลักสูตรโรงเรียนมัธยมแบบประสม พ.ศ.2510 การสอนจะประกอบด้วยการบรรยาย การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองมากขึ้น และการใช้ คำถาม
4. การสอนวิทยาศาสตร์ระหว่าง พ.ศ.2519 ถึง พ.ศ.2525 ในช่วงนี้มีการตั้งสถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้นมารับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แล้ว และมีการใช้หลักสูตร 3 หลักสูตรคือ หลักสูตร พ.ศ.2519 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ.2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2524 การสอนจะยึดวิถีการสืบเสาะหาความรู้โดยกิจกรรมการ ทดลองเป็นหลักและมีการอภิปรายและการใช้คำถามเป็นวิธีการเสริม โดยแบ่งขั้นตอนการสอนเป็น การ อภิปรายก่อนการทดลอง การทำการทดลองและการอภิปรายหลังการทดลอง(ธีระชัย ปุณณโชติ, 2525)

5. การสอนวิทยาศาสตร์ระหว่าง พ.ศ. 2526 ถึง ปัจจุบัน ในช่วงนี้มีการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 แล้วประกาศใช้หลักสูตรฉบับปรับปรุงใหม่ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พ.ศ. 2533 ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์ยังคงใช้วิธีการเหมือนกับการสอนในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 เพียงแต่ปรับปรุงเนื้อหาให้เหมาะสมและทันสมัยยิ่งขึ้นเท่านั้นและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนมากขึ้น

จากวิวัฒนาการของการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจะเห็นว่ามีการใช้วิธีสอนวิทยาศาสตร์อยู่หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีจุดเด่นของแต่ละวิธีแตกต่างกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จุดเด่นของวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบต่าง ๆ

วิธีสอน	จุดเด่น
วิธีบรรยาย	สามารถถ่ายทอดเนื้อหาได้มากในการสอนแต่ละครั้ง และประหยัดเวลาในการสอน
วิธีสอนแบบทดลอง	นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และได้ทดลองหาคำตอบด้วยตนเอง
วิธีสาธิต	นักเรียนได้รับความรู้โดยตรงจากการสาธิตของครู ช่วยประหยัดเวลาในการสอนและใช้สำหรับการทดลองที่มีอันตราย
วิธีถามคำถาม	นักเรียนได้ฝึกการใช้ความคิดระดับพื้นฐานและระดับสูง
วิธีอภิปราย	นักเรียนได้ฝึกการคิดใช้เหตุผลและแสดงความคิดเห็น
การสืบเสาะหาความรู้	นักเรียนมีโอกาสใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

จากวิธีการสอนวิทยาศาสตร์แบบต่าง ๆ ข้างต้นจะเห็นว่าวิธีสอนแต่ละวิธีมีจุดเด่นที่สนองเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้แตกต่างกัน สำหรับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีสอนหลักสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาในปัจจุบัน ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม
2. การอภิปรายก่อนการทดลอง
3. การทดลอง
4. การอภิปรายหลังการทดลอง

เมื่อนำขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นมาวิเคราะห์ พบว่าเป็นขั้นตอนเหล่านี้เน้นกับบทเรียนที่เป็นการทดลอง และเห็นว่าถ้านำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล แนวคิดในการใช้แผนผังรูปตัววีของโกวิน และแนวคิดเกี่ยวกับการใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของโนแควมาเสริม เพื่อให้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้บรรลุเป้าหมายยิ่งขึ้นดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเสนอว่าควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด สงสัย และสนใจอยากรู้คำตอบ ซึ่งผู้วิจัยเห็นด้วยกับวิธีการนี้แต่ควรที่จะมีการทดสอบความรู้พื้นฐานเดิมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการศึกษาเสียก่อนว่าผู้เรียนมีความรู้เดิมเพียงพอที่จะทำการทดลองหรือสืบเสาะหาความรู้ในเรื่องนั้นหรือไม่ ทั้งนี้เพราะออสซูเบลเชื่อว่าการเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้นได้โดยมีเงื่อนไขประการหนึ่งคือ ผู้เรียนต้องมีความรู้เดิมเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนอย่างเพียงพอ

2. การอภิปรายก่อนการทดลอง ในขั้นนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการอภิปรายถึงวิธีการทดลองที่ระบุในแบบเรียนและข้อควรระวังต่าง ๆ ในการทดลองนั้น ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าถ้าให้นักเรียนสร้างแผนผังรูปตัววีตามแนวคิดของโกวินสำหรับการทดลองแต่ละเรื่องแล้ว จะช่วยให้การอภิปรายก่อนการทดลองมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นเนื่องจากในแผนผังรูปตัววีนั้นนักเรียนจะต้องระบุ ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบจากการทดลอง หลักการ มโนทัศน์ และข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ควบคุม สมมุติฐานของการทดลอง การบันทึกข้อมูลและการจัดการกระทำข้อมูลซึ่งจะเป็นการชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ที่จะได้จากการทดลองอย่างชัดเจนในแผนผังรูปตัววีที่นักเรียนสร้างขึ้นซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่ครูจะใช้เป็นแนวทางในการอภิปรายก่อนการทดลองได้เป็นอย่างดี

3. การทดลอง เป็นขั้นที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้ฝึกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนจะทำการทดลองตามวิธีการทดลองซึ่งนักเรียนอาจไม่ทราบเหตุผลว่าทำไมต้องทำตามขั้นตอนหรือวิธีการเหล่านี้ซึ่งปัญหาจะไม่เกิดขึ้นถ้าได้มีการใช้แผนผังรูปตัววีประกอบในขั้นการอภิปรายก่อนการทดลองเพราะผู้เรียนจะเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ที่จะได้จากการทดลองจากการสร้างแผนผังรูปตัววีประกอบการทดลองนั้น

4. การอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกันจนได้อธิบาย หรือสิ่งที่ได้จากการศึกษา ซึ่งครวมักเกิดปัญหาคือผู้เรียนไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้ทั้งที่ครูพยายามช่วยนำอภิปรายอย่างเต็มที่เนื่องจากผู้เรียนขาดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ที่จะได้จากการทดลอง แต่ถ้ามีการใช้แผนผังรูปตัววีประกอบการทดลองเรื่องนั้นแล้วผู้เรียนจะเห็นความสัมพันธ์เหล่านั้นและสามารถคิดเชื่อมโยงกับความรู้เดิมทำให้สามารถสรุปสิ่งที่ได้จากการทดลองทั้งด้านความรู้ที่ได้ (Knowledge Claims) และคุณค่าที่ได้ (Value Claims) อีกด้วย

สำหรับข้อดีของการนำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีความหมายมาผสมผสานกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นี้จะทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้บรรลุจุดประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่คาดว่าจะดีกว่าแนวการสอนเดิมที่ใช้กันอยู่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดีของวิธีสอนตามแนวคิดของการเรียนรู้ที่มีความหมายซึ่งคาดว่าจะเหนือกว่าการสอนตามปกติ

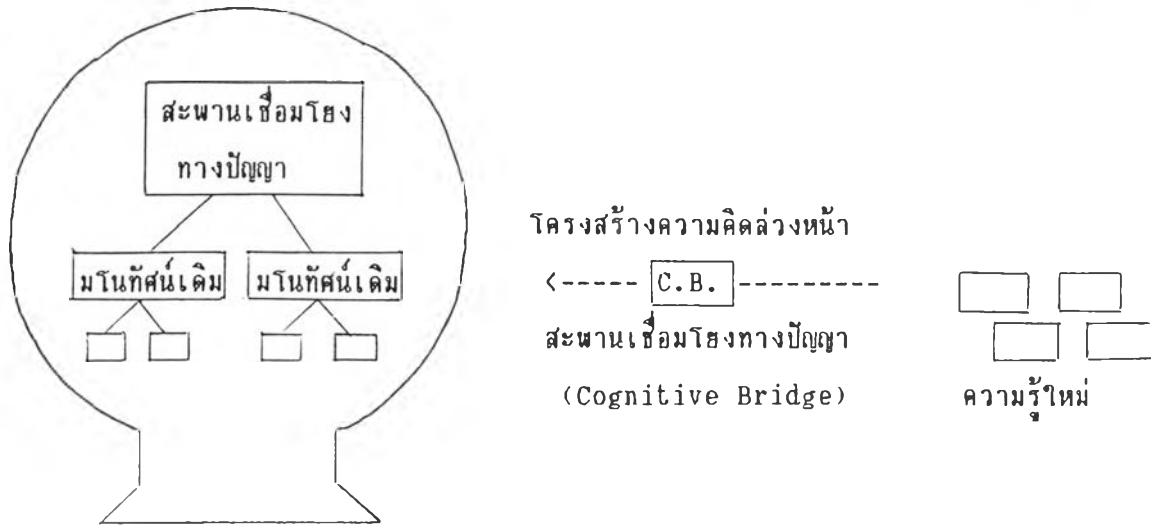
ขั้นตอนการสอน	ข้อที่คาดว่าจะดีกว่าของวิธีสอนตามแนวคิดของการเรียนรู้ที่มีความหมาย
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	มีการทดสอบโน้ตค้นพื้นฐานสำหรับเรื่องที่นักเรียนจะเรียนก่อน และมีการสอนเสริมให้แก่นักเรียนที่ขาดความรู้ในโน้ตค้นพื้นฐานเหล่านั้นด้วย
2. ชี้นำอภิปรายก่อนการทดลอง	ครูสามารถใช้แผนผังรูปตัววีประกอบการอภิปรายก่อนการทดลองอย่างครอบคลุม เช่น คำถามที่ต้องการหาคำตอบจากการทดลอง หลักการและโน้ตค้นที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรควบคุม สมมติฐาน การบันทึกข้อมูล และการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ความรู้เดิมกับวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการทดลองนั้น
3. ชี้นำทดลอง	นักเรียนทำการทดลองอย่างเข้าใจและทราบเหตุผลในการกำหนดขั้นตอนการทดลองของเรื่องที่ทดลอง เพราะสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับวิธีการทดลองที่ใช้อยู่
4. ชี้นำอภิปรายหลังการทดลอง	ครูสามารถใช้แผนผังรูปตัววีประกอบการอภิปรายหลังการทดลองเพื่อให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับข้อค้นพบจากการทดลอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยด้านความรู้ นอกจากนี้ครูยังนำอภิปรายให้นักเรียนคิดถึงสิ่งที่ได้ด้านคุณค่าของความรู้ที่ได้ค้นพบอันจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้หรือคิดสืบเสาะหาความรู้ต่อไปโดยใช้ความรู้ที่ได้เป็นพื้นฐาน

ขั้นตอนที่นำมาวิเคราะห์ข้างต้นเป็นขั้นตอนการสอนในบทเรียนที่เป็นการทดลองเท่านั้น แต่เนื้อหาสาระในบทเรียนแต่ละบทเรียนจะประกอบด้วยหัวข้อต่างอีกหลายหัวข้อ บางหัวข้ออาจไม่มีการทดลอง บางหัวข้อมีการทดลองและส่วนที่เป็นความรู้ด้านเนื้อหา ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าเมื่อผู้เรียนเรียน

จบในแต่ละหัวข้อควรให้เขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ตามแนวคิดของโนแวกเพื่อเป็นการสรุปทฤษฎีเรียนในหัวข้อนั้นซึ่งผู้เรียนจะต้องนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้เรียนไปเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เดิมอย่างเป็นระบบระเบียบซึ่งแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจะเป็นสิ่งที่แสดงให้ครูทราบถึงความเข้าใจโดยบทเรียนได้เป็นอย่างดีกล่าวคือครูสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย

สำหรับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้าของออสซูเบล การใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของโนแวก และการใช้แผนผังรูปตัววีของโกวินซึ่งผู้วิจัยจะใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดกระบวนการเรียนการสอนมีแนวคิดโดยสังเขปดังนี้

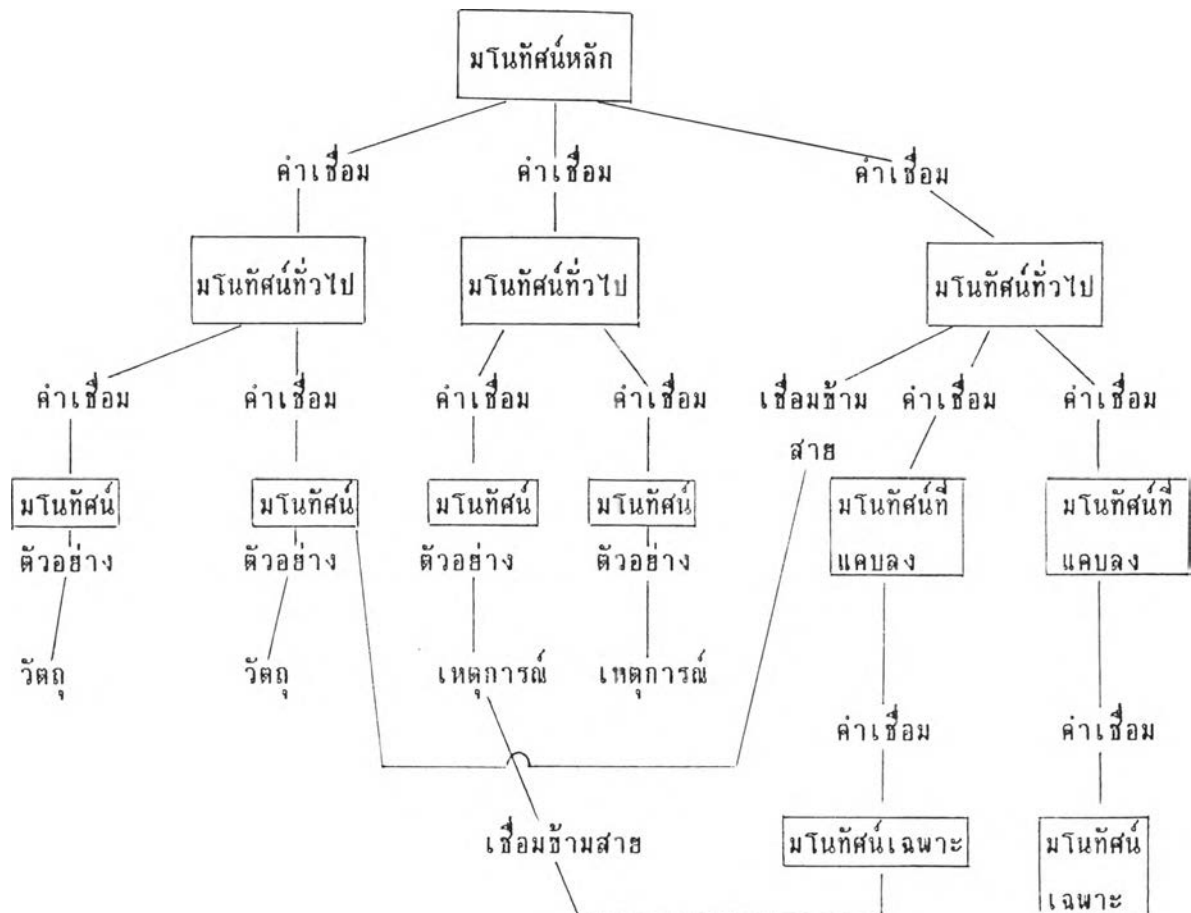
แนวคิดของออสซูเบล ออสซูเบล (Ausubel, 1969) มีความเชื่อว่า ในสมองของมนุษย์มีการจัดความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนรู้หรืออย่างเป็นระบบระเบียบในลักษณะที่เป็นโครงสร้างซึ่งเขาเรียกว่า "โครงสร้างทางปัญญา" (Cognitive Structure) โดยจัดลำดับความสัมพันธ์จากมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมลดหลั่นลงมาจากมโนทัศน์ที่มีความเฉพาะเจาะจง จากลักษณะการจัดโครงสร้างทางพุทธิปัญญาในสมองดังกล่าว ออสซูเบล เสนอว่า ในการจัดการเรียนการสอนความรู้ใหม่แก่ผู้เรียนควรจัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายกล่าวคือ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งการเรียนรู้ที่มีความหมายนี้มีผู้ทำการวิจัยถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น ฮาร์ตี แฮมริค และแซมมวล (Harty, Hamrick and Samuel, 1985) พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ อคิสัยทุมวงษา (2531 :92) พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ในการที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายนั้น ออสซูเบลได้เสนอยุทธศาสตร์การสอนไว้คือ การนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่มีความเป็นนามธรรม กว้างและครอบคลุมสิ่งที่จะเรียน ก่อนที่จะทำการสอน เพื่อช่วยทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมทางปัญญา (Cognitive Bridge) หรือ เป็นสมอ (Anchor) สำหรับยึดมโนทัศน์ใหม่ที่ได้เรียนรู้เข้ากับความรู้เดิมในโครงสร้างของความรู้ซึ่งอันจะนำไปสู่การเชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นๆ ที่จะเรียนรู้ใหม่ต่อไป หน้าที่ของโครงสร้างความคิดล่วงหน้าที่นำเสนอสามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 แสดงการจัดโครงสร้างความคิดล่วงหน้าในโครงสร้างทางปัญญาในสมอง
(Novak, 1977)

เมื่อพิจารณาในแต่ละบทเรียนของวิชาวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยมโนทัศน์ที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้จำนวนมากจึงควรนำแนวคิดของออสซูเบลไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อจัดระบบความรู้ของสิ่งทีเรียนให้สอดคล้องกับการจัดโครงสร้างของความรู้ในสมอง และใช้ยุทธศาสตร์การสอนที่เรียกว่า การจัดโครงสร้างความคิดล่วงหน้า โดยการเสนอความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนแต่มีความกว้างและครอบคลุมมากกว่าเสียก่อนจะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่โดยสัมพันธ์กับมโนทัศน์ที่มีอยู่แล้วในโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนอื่นจะนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย

แนวคิดของโนแวก โนแวก (Novak, 1984) ได้อาศัยแนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบลเกี่ยวกับการจัดโครงสร้างทางปัญญาในสมองและหลักการเรียนรู้ที่มีความหมายเป็นพื้นฐาน แล้วพัฒนายุทธศาสตร์การเรียนการสอนที่เรียกว่า "แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์" (Concept Map) โดยฝึกให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ในแต่ละเรื่องมาจัดเป็นแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ โนแวก (Novak) เห็นว่า ความรู้ในเรื่องใดก็ตามจะประกอบด้วยมโนทัศน์หลายมโนทัศน์ ซึ่งมโนทัศน์เหล่านั้นควรได้มีการจัดความสัมพันธ์กันอย่างมีระบบระเบียบจากมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมไปสู่มโนทัศน์ที่แคบและเฉพาะเจาะจงโดยระหว่างมโนทัศน์ จะมีคำเชื่อม (linking words) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นอักษรซึ่งน่าจะนำมาใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถจัดระบบความรู้ที่ได้เรียนในลักษณะที่มีการเชื่อมมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันซึ่งจะทำให้การเรียนมโนทัศน์ต่าง ๆ ในบทเรียนมีความหมายต่อนักเรียน ลักษณะของแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ แสดงได้ดังตัวอย่างในแผนภาพที่ 7



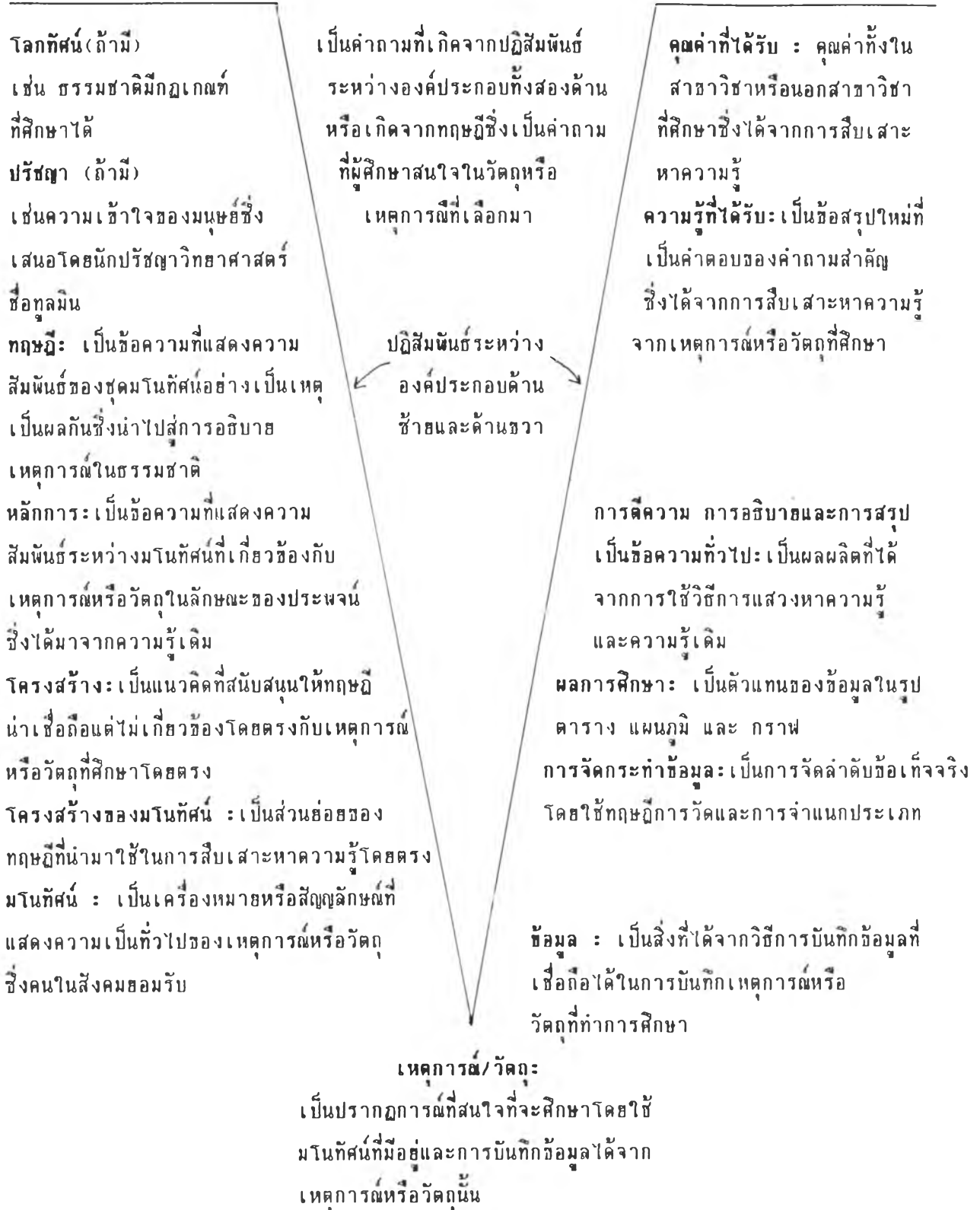
แผนภาพที่ 7 แสดงลักษณะของแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (Concept Map)
(Novak and Gowin, 1984)

แนวคิดของโกวิน โกวิน (Gowin, 1984) ได้อาศัยแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีความหมายของออลูเบลและโครงสร้างของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะผลิตความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาเป็นยุทธศาสตร์การเรียนการสอนที่เรียกว่า "แผนผังรูปตัววี" (Vee Diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจโครงสร้างของความรู้ กระบวนการสร้างความรู้ใหม่ อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนได้เรียนแล้วกับสิ่งที่ต้องการสืบเสาะหาความรู้โดยศึกษา (สังเกต หรือ ทำการทดลอง) จากเหตุการณ์ หรือวัตถุ ที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจนมากขึ้นซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างยิ่งเพราะจะทำให้นักเรียนทำการทดลองอย่างเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายอันอาจนำไปสู่เจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป สำหรับองค์ประกอบของแผนผังรูปตัววีตามแนวคิดของ โกวิน แสดงไว้ในแผนภาพที่ 8

ความคิด

คำถามสำคัญ

วิธีการแสวงหาความรู้



แผนภาพที่ 8 แผนผังรูปตัววีพร้อมคำอธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนผัง(Novak and Gowin,1984)

เมื่อพิจารณาแนวคิดในการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้าของออสซูเบล การสร้างแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของโนแวก และการเขียนแผนผังรูปตัววีของโกวิน จะเห็นว่าแนวคิดของนักจิตวิทยาการศึกษาทั้งสามท่านต่างก็มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายซึ่งตั้งขึ้นโดยออสซูเบล โดยออสซูเบลใช้ยุทธศาสตร์การสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมในโครงสร้างทางปัญญาโค่นนำเสนอโครงสร้างความคิดก่อนเรียน โนแวกได้ประยุกต์หลักการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยให้มีการสร้างเป็นแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เมื่อเรียนจบ ส่วนโกวินก็เสนอยุทธศาสตร์การสอนที่จะทำให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับมโนทัศน์เดิมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยให้ผู้เรียนเขียนแผนผังรูปตัววีซึ่งเหมาะกับชั้นสอนในบทเรียนที่เป็นปฏิบัติการทดลอง

จากปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ แนวคิดเกี่ยวกับยุทธศาสตร์การเรียนการสอน ทั้ง 3 อย่างที่ได้เสนอไว้พอสังเขปข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำข้อมูลและแนวคิดเหล่านี้ไป พัฒนาระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้ที่มีความหมายในวิชาเคมี เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมีในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนวิชาเคมีสูงขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไปและเป็นไปตามความมุ่งหมายของหลักสูตรและสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแผนการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539)

สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำแนวคิดของนักจิตวิทยาการศึกษาทั้ง 3 ท่านไปทำการวิจัยบ้างแล้ว งานวิจัยเกี่ยวกับการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้าในวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น งานวิจัยของ ศักดิ์สิน สมอุมจารย์ (2529) ซึ่งทดลองใช้กับวิชาชีววิทยา พบว่ากลุ่มที่ได้รับโครงสร้างความคิดล่วงหน้ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 งานวิจัยที่ใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ เช่น งานวิจัยของ พัททษ เจริญวานิช (2532) และ สุนีย์ สอนตระกูล (2534) ซึ่งได้นำไปใช้ในวิชาชีววิทยา ได้ผลการวิจัยตรงกัน คือ กลุ่มที่ใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 งานวิจัยที่ใช้แผนผังรูปตัววี เช่น งานวิจัยของ บัวศรี ประวะภูโต (2533) ซึ่งได้นำแผนผังรูปตัววีไปใช้สอนวิชาชีววิทยาผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากแนวคิดของออสเชล โนเวค และโกวินซึ่งมีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย เหมือนกันและผลการวิจัยเหล่านี้ผู้วิจัยเห็นว่า ถ้าได้นำแนวคิดเหล่านี้มาผสมผสานกันแล้วจัดเป็นระบบ การเรียนการสอนจะช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายอันจะนำไปสู่การมีผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเคมีซึ่งเป็น วิชาวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งซึ่งมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราทั้งทางตรงและ ทางอ้อม ตั้งแต่ ปัจจัยสี่ ซึ่งได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และ ยารักษาโรค ตลอดจนสิ่งแวดล้อม ทางน้ำ ทางดิน ที่กำลังเป็นปัญหาที่สร้างความเดือดร้อนอย่างมากต่อประชาชนขณะนี้ อีกทั้งเป็นวิชาที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนในคณะวิทยาศาสตร์จะต้องเรียนและในการ ศึกษาวิชาเคมีนั้นจะประกอบไปด้วยภาคทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวโยงกัน ประกอบกับผู้วิจัยมีพื้นฐานความรู้ ในวิชาเคมีและมีประสบการณ์ในการสอนวิชาเคมีมานานก็ทำให้เห็นปัญหาและจุดอ่อนในการจัดการเรียน การสอน จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยสนใจที่พัฒนาระบบการเรียนการสอนโดยจะเริ่มนำ 'ไปทดลองใช้ในวิชาเคมีนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งผลจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ในการ ปฏิบัติงานของผู้วิจัยโดยตรงอีกด้วย

และเนื่องจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แต่เนื่องจากผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการสอนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาก่อน ผู้วิจัยจึงได้เลือกรายวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนแก่เป็นความรู้ทาง เคมีที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่เข้าใจยากจำนวนมากและมีการทดลองที่ต้องใช้ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์อยู่มากด้วย ซึ่งได้แก่ เรื่องความสัมพันธ์ของสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ปริมาณสาร สัมพันธ์ 2 และ อัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเหมาะที่จะทดลองใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ ระบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนวิชาเคมีที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมีและเจตคติต่อวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนากับการสอนตามปกติ

สมมติฐานในการวิจัย

จากแนวคิดของออสซูเบล (1969) ที่เสนอว่าความรู้พื้นฐานเดิมเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดต่อการเรียนรู้ และผลการวิจัยของบลูม (Bloom, 1982) ที่พบว่าตัวแปรด้านความรู้พื้นฐานของนักเรียน สภาพของการสอน และเจตคติต่อวิชาที่เรียน เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ถึงร้อยละ 90 และจากการวิจัยของโนแวก โกวิน และโจฮันเซน (Novak Gowin and Johansen, 1983) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (Concept Map) และแผนผังรูปตัววี (Vee Diagram) กับนักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 ในวิชาวิทยาศาสตร์พบว่า จากการประเมินผลการเรียนรู้จากแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นพบว่านักเรียนสามารถเขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้อย่างมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่ประเมินถึงร้อยละ 77.53 และเขียนแผนผังรูปตัววีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับการสืบเสาะหาความรู้ในปัญหาการทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 13-14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน เจอร์แมน (Germann, 1987) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมการสอนที่เรียกว่า "DIAL (EPS) 2" (Directed Inquiry Approach to Learning Science Process Skill and Scientific Problem Solving) ซึ่งใช้ยุทธศาสตร์การสอนต่าง ได้แก่ การจัดกิจกรรมแบบแนะแนวทางการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) การใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์และแผนผังรูปตัววี กับนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยา ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมนี้ซึ่งมีระดับผลการเรียนปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่มีผลการเรียนสูงกว่าที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งแสดงว่าโปรแกรมการเรียนนี้สามารถพัฒนาให้นักเรียนที่เรียนปานกลาง ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นทัดเทียมกลุ่มที่เคยมีผลการเรียนสูงกว่า ส่วนลิวิส (Lewis, 1986) ได้ศึกษา ผลของการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปฏิบัติการวิชาชีววิทยา พบว่า การนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้าช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติการวิชาชีววิทยาสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในประเทศไทยเกี่ยวกับการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้าในวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น งานวิจัยของ ศักดิ์สิน สมอุมจารย์ (2529) ซึ่งทดลองใช้กับวิชาชีววิทยา พบว่ากลุ่มที่มีการนำเสนอโครงสร้างความคิดล่วงหน้ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนงานวิจัยที่ใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ เช่น งานวิจัยของ พัทธกะ เจริญวานิช (2532) และ สุนีย์ สอนตระกูล (2534) ซึ่งได้นำไปใช้ในวิชาชีววิทยา ได้ผลการวิจัยตรงกันคือ กลุ่มที่ใช้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และงานวิจัยที่ใช้แผนผังรูปตัววี เช่น

งานวิจัยของ บิวรี ประวะภูโต (2533) ซึ่งได้นำแผนผังรูปตัววีไปใช้สอนวิชาชีววิทยาผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นอกจากนี้ยังมีจากงานวิจัยของจอห์น ดับบลิว บัทซาว, แอล วิลเลียม ลินซ์ และ รอน เอ เดเรค (John W. Butzow L. William Linz and Roy A. Drake, 1977) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนระดับมหาวิทยาลัย โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาชายจำนวน 103 คน ที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐานที่สถาบันเมน แมริไทม์ (Maine Maritime Academy) ผลการวิจัยพบว่า เจตคติต่อวิชาเคมี เจตคติต่อวิธีการสอน และเจตคติรวมทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและประจวบจิต คำจตุรัส (prajuabjit Kamchaturus, 1979) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรายวิชาที่เรียนในระดับมัธยมศึกษา กับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ไม่เรียนวิชา

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอกของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยโอคลาโฮมา จำนวน 114 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. จำนวนรายวิชาที่เรียนในชั้นมัธยมศึกษา กับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันต่ำมา ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. จำนวนรายวิชาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

แอล ดับบลิว โฮจ และ เอ็ม เค ไซเปอร์ (L.W. Hough and M.K. Piper, 1982) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนเกรด 4, 5 และ 6 จำนวน 583 คน ผลการวิจัยพบว่าเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.45$) มาร์ลีน เอ แฮมิลตัน (Marlene A. Hamilton, 1982) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กับคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ในการสอบเข้าศึกษาต่อของนักเรียนในจาไมกา จำนวน 576 คน พบว่า เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กับคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ในการสอบเข้าศึกษาต่อมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โมฮัมเมด สุลมาน อับดุลราห์มาน แอล รูวาซิด

(Mohammed Suliman Abdulrahman Al Ruwashid, 1984) ศึกษาผลของการสอนแบบบรรยายกับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองประกอบการบรรยายต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมริยาร์ด ประเทศซาอุดีอาระเบีย จำนวน 129 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองประกอบการบรรยายมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุภาศย์ สุวรรณเวลา (2529) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 645 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานครมีเจตคติทางบวกต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. เจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานครมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากแนวคิดของออซุเบล และบลูม เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จึงทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ
2. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจะดีกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดลองใช้สำหรับสอนในวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการสอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มี 2 วิธี คือ การสอนโดยใช้กระบวนการในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา กับการสอนตามปกติ
 - 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี และคะแนนเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
3. ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนประชาราษฎร์อุปถัมภ์ สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2536 และครูเคมีซึ่งอยู่ในกลุ่มโรงเรียนเดียวกับโรงเรียนประชาราษฎร์อุปถัมภ์
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะครอบคลุมความรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี ว.032 เฉพาะในส่วนที่ได้ทดลองสอนเท่านั้น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ระบบการเรียนการสอน (Instructional System) หมายถึง โครงสร้างที่เกิดจากการจัดองค์ประกอบของการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการเชิงระบบ อันได้แก่ การจัดองค์ประกอบของการเรียนการสอนทั้งด้าน ตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุมและผลผลิตให้สมบูรณ์และมีความสัมพันธ์ส่งเสริมกันอย่างเป็นระเบียบเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนซึ่งกำหนดไว้ของระบบ

การพัฒนาการเรียนการสอน (Instructional System Development) หมายถึง การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของการเรียนการสอน แล้วจัดองค์ประกอบของการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการเชิงระบบ อันได้แก่ ตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม และผลผลิตให้สมบูรณ์และมีความสัมพันธ์ ส่งเสริมกันอย่างเป็นระเบียบเพื่อสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนซึ่งกำหนดไว้ของระบบ แล้วนำไปทดลองใช้และปรับปรุงจนมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของระบบ

การเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่เข้ากับมโนทัศน์เดิมในโครงสร้างของความรู้ของผู้เรียนอย่างถูกต้องและต่อเนื่องกันในเรื่องที่เรียน อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่คำนึงถึงเงื่อนไขที่จะทำให้การเรียนรู้อย่างมีความหมายซึ่งเมื่อนำมาจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยเงื่อนไข 3 ประการดังนี้

- (1) ผู้เรียนต้องมีความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เดิมที่สามารถใช้เชื่อมโยงกับความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใหม่ที่อยู่ในโครงสร้างของความรู้ของผู้เรียน
- (2) ผู้เรียนต้องมีความตั้งใจที่จะคิดเชื่อมโยงความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนเข้ากับความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เดิมในโครงสร้างของความรู้
- (3) ผู้เรียนต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนเข้ากับความรู้และทักษะกระบวนการเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้

ระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมายในวิชาเคมี หมายถึง การจัดการระบบการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อทำให้ผู้เรียนมีความรู้เดิมอย่างเพียงพอสำหรับเรื่องที่จะเรียน การทำให้ผู้เรียนตั้งใจที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมและการทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมในโครงสร้างทางปัญญาโดยใช้การจัดโครงสร้างความคิดล่วงหน้า (advance organizer) ตามแนวคิดของออสซูเบล แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (concept map) ตามแนวคิดของโนแวกและแผนผังรูปตัววี (vee diagram) ตามแนวคิดของโกวินเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายในการเรียนเคมีและสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้คือวิชาเคมี ว 032 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โครงสร้างความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) หมายถึง ความรู้ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เป็นหลักการหรือมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมสิ่งที่ผู้เรียนจะได้เรียนต่อไป ความรู้ที่จัดเสนอไว้ก่อนที่จะได้ เรียนรู้สิ่งใหม่เพื่อทำหน้าที่จัดเตรียมโครงสร้างของความรู้ หรือเป็นสะพานเชื่อมระหว่างโครงสร้างทางปัญญาเดิมกับความรู้ใหม่ของผู้เรียน

แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (Concept Map) หมายถึง แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์จากมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมที่สุดไปสู่มโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งระหว่างมโนทัศน์จะมีเส้นลากเชื่อมโยงและมีคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน

แผนผังรูปตัววี (Vee Diagram) หมายถึง แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นความรู้พื้นฐานในเหตุการณ์หรือวัตถุที่ต้องการศึกษากับวิธีการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งจัดแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะเป็นตัววี โดยด้านซ้ายของตัววีจะเป็นทฤษฎี หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานของเรื่องที่จะศึกษา ด้านขวาเป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วย การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การตีความหมายและการสรุป รวมทั้งความรู้และคุณค่าที่ได้จากการศึกษาเรื่องนั้น ส่วนตรงกลางของตัววีเป็นคำถามสำคัญที่ต้องการจะศึกษาหาคำตอบ และ ตรงปลายสุดของแผนผังจะเป็นเหตุการณ์หรือวัตถุที่ศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึง คะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งวัดจากความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ การแก้ปัญหา และการคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นระดับการเรี ยนรู้ที่มีความหมายตามแนวคิดของออกุเบล โดยผู้เรียนที่ถือว่าเกิดการเรี ยนรู้ที่มีความหมายจะต้องได้คะแนนอย่างน้อยร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำของการประเมินผลในการเรียนการสอนที่กรมวิชาการกำหนดไว้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่บุคคลใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะทั้งหมด 13 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง สภาทางจิตใจด้านความรู้สึที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเกิดจากประสบการณ์และการเรี ยนรู้ และแสดงออกให้เห็นเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น ลักษณะท่าทางความคิดเห็น ความรู้สึกที่จะตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งทั้งในทางบวกและทางลบ

วิธีสอนตามปกติ หมายถึง วิธีการดำเนินการสอนตามแนวของคู่มือครูวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีพ.ศ. 2535

กลุ่มควบคุม หมายถึง กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ

กลุ่มทดลอง หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้ที่มีความหมายในวิชาเคมี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบการเรียนการสอนสอนวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายในวิชาเคมีโดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
2. ได้ตัวอย่างแผนการสอนที่สามารถนำไปใช้ได้กับรายวิชาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับหลักสูตรฉบับปรับปรุงใหม่ (พ.ศ. 2533) ที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
3. ได้แนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะนำระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปประยุกต์ ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ
4. ได้ความรู้เกี่ยวกับการนำยุทธศาสตร์การสอนที่ใช้การจัดโครงสร้างความคิดล่วงหน้า แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และ แผนผังรูปตัววี ไปใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์